



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 32 440 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**B 60 R 16/02**  
B 60 G 17/00  
B 60 G 21/10  
B 62 D 6/00  
B 62 D 37/00

⑦1 Aktenzeichen: 101 32 440.5  
⑦2 Anmeldetag: 4. 7. 2001  
④3 Offenlegungstag: 23. 1. 2003

DE 101 32 440 A 1

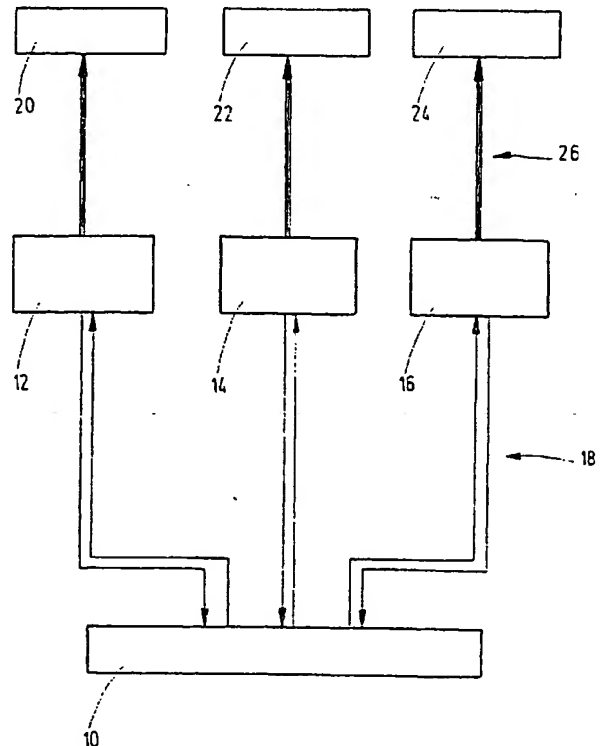
⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Gerdes, Manfred, 71739 Oberriexingen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 System und Verfahren zum Überwachen des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs

⑤7 Die Erfindung betrifft ein System zum Überwachen des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs mit mehreren Einzelsystemen (12, 14, 16) für die Beeinflussung des Fahrverhaltens des Fahrzeugs, wobei eine Managementeinrichtung (10) für das Management der Beeinflussung des Fahrverhaltens durch die Einzelsysteme (12, 14, 16) vorgesehen ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Überwachen eines Fahrverhaltens eines Fahrzeugs.



DE 101 32 440 A 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein System zum Überwachen des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs mit mehreren Einzelsystemen für die Beeinflussung des Fahrverhaltens des Fahrzeugs. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Überwachen des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs, bei dem das Fahrverhalten des Fahrzeugs mittels mehrerer Einzelsysteme beeinflusst wird.

## Stand der Technik

**[0002]** Gattungsgemäße Systeme und gattungsgemäße Verfahren dienen insbesondere der Stabilisierung des Fahrverhaltens von Kraftfahrzeugen. Es existieren bereits mehrere unterschiedliche Systeme, die auf der Basis unterschiedlicher Messgrößen und durch die Beeinflussung unterschiedlicher auf das Fahrverhalten des Fahrzeugs wirkender Parameter arbeiten. Beispiele für derartige Systeme, die auch als Fahrdynamikregelungen bezeichnet werden, sind das elektronische Stabilitätsprogramm (ESP), die "active body control" (ABC), eine Fahrwerksteuerung mit überlagertem stabilisierendem Eingriff (EAR), eine Vorderachslenkung mit überlagertem stabilisierendem Eingriff (EAS) oder auch eine Hinterachslenkung.

**[0003]** Da mehrere dieser Einzelsysteme in demselben Fahrzeug eingebaut sein können, ist es möglich, dass sich die stabilisierenden Eingriffe der Einzelsysteme in ihrer Wirkung überlagern. Somit tritt als typisches Problem eine Mehrgrößenregelung auf. Die Eingriffe der unterschiedlichen Einzelsysteme können sich positiv überlagern und auf diese Weise zu einem zu starken Summeneingriff führen; mit anderen Worten: es liegen mehrere redundante Eingriffe vor. Ebenfalls ist es möglich, dass eine negative Überlagerung stattfindet, so dass letztlich ein in seiner Wirkung zu geringer Eingriff in die Fahrstabilität vorliegt. Eine positive Überlagerung der Eingriffe führt in erster Linie zu einer unerwünschten Beeinträchtigung des Fahrkomforts. Bei einem negativen Überlagern der Eingriffe bleibt eine Wirkung der Fahrdynamikregelungen mitunter aus, was insbesondere ein Problem im Hinblick auf die Fahrsicherheit darstellt.

**[0004]** Um die Störungen bei den Regeleingriffen zwischen den Einzelsystemen zu unterdrücken wurde bereits vorgeschlagen, dass zwischen den Einzelsystemen Signale gezielt ausgetauscht werden beziehungsweise dass kritische Funktionsbereiche in einzelnen Systemen ausgeklammert werden. Auf diese Weise kann es zu einer Koexistenz der Systeme kommen, bei der sich die Wirkungen der Systeme nicht negativ beeinflussen. Der Summennutzen des gesamten Verbundsystems kann damit ebenso groß bleiben, wie die Summe der Einzelnutzen der Teilsysteme.

## Vorteile der Erfindung

**[0005]** Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen System dadurch auf, dass eine Managementeinrichtung für das Management der Beeinflussung des Fahrverhaltens durch die Einzelsysteme vorgesehen ist. Durch ein gezieltes Management der Stabilisierungsfunktionen der Einzelfunktionen wird es möglich, dass der Summennutzen größer wird als die Summe der Einzelnutzen. Dies kann so erfolgen, dass die Managementeinrichtung situationsabhängig die Wirkungen der Einzelsysteme beeinflusst. Somit wird die Fahrstabilität bei größtmöglichem Fahrkomfort und minimalem Geschwindigkeitsverlust aufrechterhalten. Auf diese Weise können die Einzelsysteme im Prinzip vollständig unabhängig voneinander agieren; das heißt: ohne einen Eingriff durch die Managementeinrichtung sind die Einzelsysteme in ihrer Wirkung voneinander unabhängig. Erst wenn eine unerwünschte Beeinflussung der Einzelsysteme erfolgen könnte, kann die Managementeinrichtung beeinflussend eingreifen. In diesem Zusammenhang ist insbesondere als Vorteil zu verzeichnen, dass bei einem Ausfall der Managementeinrichtung sichergestellt sein kann, dass die Einzelsysteme weiterhin ihre fahrstabilisierenden Wirkungen entfalten, was insbesondere im Hinblick auf die Fahrsicherheit nützlich ist. Ebenfalls können die Teilsysteme getrennt entwickelt und appliziert werden.

**[0006]** Bei besonders bevorzugten Systemen können als Einzelsysteme ESP, EAS, EAR und/oder ABC vorgesehen sein. Dabei handelt es sich um beispielhafte Einzelsysteme ohne Einschränkung der Allgemeinheit der vorliegenden Erfindung, die beliebige Einzelsysteme beinhalten kann.

**[0007]** Das System ist in einer besonders bevorzugten Ausführungsform dadurch weitergebildet, dass die Managementeinrichtung in einem Steuergerät realisiert ist, das über eine Schnittstelle mit Steuergeräten der Einzelsysteme kommuniziert. Eine solche Schnittstelle kann beispielsweise im Rahmen eines CAN-Systems realisiert sein. Die Managementeinrichtung kann über CAN oder eine andere Schnittstelle eine Information über die Aktivität der Einzelsysteme erhalten. Diese Information kann entweder direkt als wirksames Moment um die Hochachse auf den Fahrzeugschwerpunkt beziehungsweise eine Kraft auf den Fahrzeugschwerpunkt formuliert sein. Ebenfalls kann sie als Mittlergröße dargestellt sein, die in der Managementeinrichtung auf Momentenbasis umgerechnet wird. Über die Schnittstelle, das heißt beispielsweise über CAN empfangen umgekehrt die Steuergeräte der Einzelsysteme Informationen von der Managementeinrichtung, so dass die Wirkungen der Einzelsysteme beeinflusst werden.

**[0008]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Managementeinrichtung in einem separaten Steuergerät realisiert. Die Managementeinrichtung ist also im Hinblick auf die Hardware unabhängig von den Steuergeräten der Einzelsysteme. Die Systeme können daher unabhängig voneinander entwickelt und appliziert werden.

**[0009]** Es kann aber auch nützlich sein, dass die Managementeinrichtung in einem oder mehreren Steuergerät(en) der Einzelsysteme realisiert ist. Die Steuergeräte der Einzelsysteme sind Hardware-Komponenten, die ohnehin zur Verfügung stehen. Durch die Realisierung der Managementeinrichtung innerhalb dieser Steuergeräte der Einzelsysteme kann somit der Hardware-Aufwand reduziert werden.

**[0010]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dieses dadurch weitergebildet, dass der Managementeinrichtung Istwerte und von den Einzelsystemen ermittelte Sollwerte eingegeben werden, dass aus den eingegebenen Werten die potentiellen Wirkungen der Einzelsysteme ermittelt werden und dass von der Managementeinrichtung Werte ausgegeben werden können, die die Wirkungen von Einzelsystemen beeinflussen. Die Managementeinrichtung wirkt somit präventiv auf eventuell unerwünschte Eingriffe. Die Sollwerte, die von den Einzel-

systemen ermittelt werden, werden von der Managementeinrichtung erfasst und unter Berücksichtigung der den entsprechenden Größen zugeordneten Istwerte aufeinander abgestimmt. Somit können von der Managementeinrichtung Werte ausgegeben werden, so dass die Wirkungen der Einzelsysteme sinnvoll angepasst werden.

[0011] In diesem Zusammenhang ist es als besonders vorteilhaft zu verzeichnen, dass von der Managementeinrichtung Eingriffe von Einzelsystemen unterdrückt werden können. Bei dieser Variante arbeiten die Einzelsysteme vollkommen unabhängig voneinander, wenn von der Managementeinrichtung kein Eingriff vorgenommen wird. Dies hat beispielsweise Vorteile bei einem Ausfall der Managementeinrichtung. Die Einzelsysteme sind dann immer noch vollkommen funktionsfähig. Erst wenn Eingriffe von Einzelsystemen unterdrückt werden sollen, wird dies von der Managementeinrichtung vorgenommen. Dabei kann beispielsweise die Übertragung eines Quittungssignals ausreichend sein. Dieses gibt an, ob der von Einzelsystem vorgeschlagene stabilisierende Eingriff unterdrückt werden soll. Beispielsweise kann eine symbolische digitale 1 für die Unterdrückung beziehungsweise eine symbolische digitale beziehungsweise keine Signalübermittlung zur vollen Realisierung des stabilisierenden Eingriffes verwendet werden.

[0012] Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Verfahren dadurch auf, dass eine Managementeinrichtung für das Management der Beeinflussung des Fahrverhaltens durch die Einzelsysteme vorgesehen ist. Auf diese Weise werden die Vorteile des erfindungsgemäßen Systems im Verfahren umgesetzt. Bei den nachfolgend angegebenen Ausführungsformen des Verfahrens sind ebenfalls die Vorteile und Besonderheiten der entsprechenden Systemausführungen zu verzeichnen.

[0013] Bei besonders bevorzugten Verfahrenen können als Einzelsysteme ESP, EAS, EAR und/oder ABC vorgesehen sein.

[0014] Das Verfahren ist in einer besonders bevorzugten Ausführungsform dadurch weitergebildet, dass die Managementeinrichtung in einem Steuergerät realisiert ist, das über eine Schnittstelle mit Steuergeräten der Einzelsysteme kommuniziert.

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Managementeinrichtung in einem separaten Steuergerät realisiert.

[0016] Es kann aber auch nützlich sein, dass die Managementeinrichtung in einem oder mehreren Steuergerät(en) der Einzelsysteme realisiert ist.

[0017] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dieses dadurch weitergebildet, dass der Managementeinrichtung Istwerte und von den Einzelsystemen ermittelte Sollwerte eingegeben werden, dass aus den eingegebenen Werten die potentiellen Wirkungen der Einzelsysteme ermittelt werden und dass von der Managementeinrichtung Werte ausgegeben werden können, die die Wirkungen von Einzelsystemen beeinflussen.

[0018] In diesem Zusammenhang ist es als besonders vorteilhaft zu verzeichnen, dass von der Managementeinrichtung Eingriffe von Einzelsystemen unterdrückt werden können.

[0019] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass durch ein gezieltes Management der Stabilisierungsfunktionen von Einzelsystemen der Summennutzen der Systeme größer sein kann als die Summe der Einzelnutzen. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass situationsabhängig störende Eingriffe ausgeblendet werden, während sinnvolle Eingriffe gezielt gemeinsam zugelassen werden. Die Teilsysteme können unabhängig voneinander entwickelt und appliziert werden, wobei lediglich die Möglichkeit eines Informationsaustausches sichergestellt sein muss. Ebenso können beliebige Ausbaustufen innerhalb einer Fahrzeugpalette realisiert werden. Zu beachten ist die korrekte Behandlung der Schnittstellen in allen beteiligten Steuergeräten. Für den gemeinsamen Betrieb aller Einzelsysteme im Fahrzeug ist auf diese Weise die Entwicklung und die Applikation der Managementeinrichtung maßgeblich.

#### Zeichnungen

[0020] Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft erläutert.

[0021] Dabei zeigt:

[0022] Fig. 1 ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines erfindungsgemäßen Systems;

[0023] Fig. 2 ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines Fahrstabilitätsmanagements;

[0024] Fig. 3 eine  $\mu$ -Schlupfkurve für ein Reifenmodell in Reifenlängsrichtung;

[0025] Fig. 4 eine  $\mu$ -Schlupfkurve für ein Reifenmodell in Reifenquerrichtung;

[0026] Fig. 5 ein Diagramm zur Erläuterung der Winkelbeziehungen der Reifenkräfte;

[0027] Fig. 6 ein Flussdiagramm zur Erläuterung einer Reifenkraftberechnung für bidirektionale Beanspruchung;

[0028] Fig. 7 ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Berechnung einer Reifenkraft und einer Reifenkraftänderung bei einem ESP-Längskrafteingriff;

[0029] Fig. 8 ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Berechnung einer Reifenkraft und einer Reifenkraftänderung bei einem EAS-Seitenkrafteingriff;

[0030] Fig. 9 ein Diagramm zur Erläuterung eines Fahrzeugmodells zur Berechnung der Drehmomente um die Hochachse auf den Fahrzeugschwerpunkt;

[0031] Fig. 10 ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Berechnung von Momenten auf den Fahrzeugschwerpunkt um die Hochachse;

[0032] Fig. 11 ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Berechnung eines Schwerpunktmomentes durch Summation;

[0033] Fig. 12 ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Berechnung eines Schwerpunktmomentes durch Summation bei ESP-Längskrafteingriff;

[0034] Fig. 13 ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Berechnung eines Schwerpunktmomentes durch Summation bei EAS-Seitenkrafteingriff;

[0035] Fig. 14 ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Bildung von Eingriffsmomenten bei ESP und EAS für eine Eingriffsbewertung; und

[0036] Fig. 15 ein Flussdiagramm zur Erläuterung von Priorisierung, Bewertung und Auswahl stabilisierender Ein-

griffe.

# Beschreibung der Ausführungsbeispiele

5 **[0037]** Fig. 1 zeigt ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines erfindungsgemäßen Systems. In dem Blockdiagramm sind Funktionseinheiten dargestellt und Pfeile, die Signale zwischen den einzelnen Funktionseinheiten symbolisieren. Einzelsignale sind durch Pfeile mit einer einzigen Linie symbolisiert. Signalvektoren sind durch Pfeile mit mehreren Linien symbolisiert. Beispielsweise sind drei Einzelsysteme 12, 14, 16 angegeben. Ein ESP-Steuergerät 12, ein EAS-Steuergerät 14 und ein EAR-Steuergerät 16 kommunizieren jeweils über CAN 18 gemäß gültiger Protokollvereinbarung mit einem Fahrstabilitätsmanagement-Steuergerät 10. Das Fahrstabilitätsmanagement-Steuergerät 10 ist vorliegend als getrenntes Steuergerät dargestellt. Ebenso ist es möglich, eines der vorhandenen Steuergeräte 12, 14, 16 mit den Aufgaben des Fahrstabilitätsmanagement-Steuergerätes 10 stärker auszulasten. Die Steuergeräte 12, 14, 16 der Einzelgeräte übergeben Informationen an das Fahrstabilitätsmanagement-Steuergerät 10, das heißt insbesondere Werte, die für beabsichtigte Eingriffe auf die Fahrdynamik Einfluss haben. Das Fahrstabilitätsmanagement-Steuergerät 10 übergibt wiederum Werte an die Steuergeräte 12, 14, 16 der Einzelsysteme, beispielsweise eine 0 zum Freigeben der Wirkung der Steuergeräte 12, 14, 16 der Einzelsysteme und eine 1 zum Sperren der jeweiligen Wirkungen. Diese Wirkungen bestehen beispielsweise in einer Beeinflussung einer Bremsanlage 20, einer Lenkung 22 beziehungsweise eines Fahrwerks 24 über entsprechende Aktuatorik 26.

20 **[0038]** Fig. 2 zeigt ein Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines Fahrstabilitätsmanagements. In dem Blockdiagramm sind Funktionseinheiten dargestellt und Pfeile, die Signale zwischen den einzelnen Funktionseinheiten symbolisieren. Einzelsignale sind durch Pfeile mit einer einzigen Linie symbolisiert. Signalvektoren sind durch Pfeile mit mehreren Linien symbolisiert. Über den Eingang 28 einer CAN-Schnittstelle werden verschiedene Werte an das Fahrstabilitätsmanagement übergeben. Bei diesen Werten handelt es sich beispielsweise um einen stabilisierenden Radsollschlupf durch ESP 40 und um einen überlagerten Lenkwinkel an der Vorderachse zur Stabilisierung durch EAS 42. Weiterhin werden Informationen aus Teilsystemen 44 übergeben. Dabei kann es sich insbesondere um die folgenden Größen handeln: Schlupf pro Rad, Fahrzeuggeschwindigkeit, Querbeschleunigung, Fahrerlenkwinkel, Lenkwinkel am Rad, Fahrpedalstellung, Fahrerbremsdruck, Schräglaufwinkel der Vorder- beziehungsweise Hinterachse, Radaufstandskräfte und Reibwert.

30 **[0039]** Als weitere Größe wird über den Eingang 28 der CAN-Schnittstelle ein Differenzmoment auf den Fahrzeugschwerpunkt um die Hochachse durch einen stabilisierenden Fahrwerkseingriff durch EAR 46 übergeben.

**[0040]** Die Informationen 40, 42, 44 werden einer Einheit 32 zur Berechnung der Längs- und Querkraft sowie deren Änderungen am Fahrzeugreifen aus physikalischen Modellen der Reifencharakteristik übergeben. Aus der Berechnung in der Einheit 32 folgen Informationen betreffend die Reifenlängskräfte und deren Änderungen durch Längskrafteingriff 48 und betreffend die Reifenquerkräfte und deren Änderungen durch Seitenkrafteingriff 50. Die Informationen 48 werden einer Einheit 34 zur Berechnung von Momenten und deren Änderungen um die Hochachse auf den Fahrzeugschwerpunkt aufgrund eines ESP-Eingriffes übergeben. Die Informationen 50 werden einer Einheit 36 zur Berechnung von Momenten und deren Änderungen um die Hochachse auf den Fahrzeugschwerpunkt aufgrund eines EAS-Eingriffes übergeben. Die Ausgangsgröße der Einheit 34 ist ein Differenzmoment auf den Fahrzeugschwerpunkt um die Hochachse durch einen stabilisierenden Bremseneingriff 52. Die Ausgangsinformation der Einheit 36 ist ein Differenzmoment auf den Fahrzeugschwerpunkt um die Hochachse durch einen stabilisierenden Vorderachsen-Lenkeingriff 54. Die letztgenannten Informationen 52, 54 werden einer Einheit zur Priorisierung, Bewertung und Auswahl stabilisierender Eingriffe 38 übergeben. Die Ausgangsgrößen der Einheit 38 sind Anweisungen zum Unterdrücken eines Längskrafteingriffes 56, eines Seitenkrafteingriffes 58 beziehungsweise eines Normalkrafteingriffes 60, welche in Abhängigkeit der Ergebnisse der Einheit 38 über den Ausgang der CAN-Schnittstelle 30 ausgegeben werden.

45 **[0041]** Das Differenzmoment auf den Schwerpunkt um die Hochachse durch einen stabilisierenden Fahrwerkseingriff durch EAR 46 wird direkt der Einheit 38 zur Priorisierung, Bewertung und Auswahl stabilisierender Eingriffe eingegeben und von dieser berücksichtigt.

**[0042]** Zusammenfassend werden somit in der Einheit gemäß Fig. 2 die ankommenden Signale, möglicherweise umgerechnet auf ein Drehmoment bezogen auf die Fahrzeughochachse auf den Fahrzeugschwerpunkt, als Fahrstabilitätseingriff interpretiert, aufsummiert, gewichtet und verglichen. Ferner wird die/der zu unterdrückende Eingriff(e) ausgewählt und zurückgemeldet. Beispielsweise wird in der Darstellung gemäß Fig. 2 angenommen, dass das ESP den überlagerten Sollschlupf für jedes Rad als kennzeichnende Größe für den Fahrstabilitätseingriff übergibt. Weitere oder andere Größen sind denkbar und möglich. Beim EAS wurde angenommen, dass der überlagerte Lenkwinkel, der stabilisierend auf das Fahrzeug einwirken soll, als Übergabegröße dient. Weitere oder andere Größen sind denkbar und möglich. Beim EAR wurde angenommen, dass im EAR-Steuergerät unmittelbar das stabilisierende Moment auf den Fahrzeugschwerpunkt bezüglich Hochachse aufgrund der dort gewünschten beziehungsweise geplanten Bestätigung der EAR-Aktuatorik ermittelt und übermittelt wurde und somit im Fahrmanagementsteuergerät direkt zur Verfügung steht. Auch hier sind weitere oder andere Größen denkbar und möglich.

60 **[0043]** Fig. 3 zeigt eine  $\mu$ -Schlupfkurve für ein Reifenmodell in Reifenlängsrichtung. Es sind schematisierte Reifenkennlinien in Längsrichtung und eine denkbare Approximation in Abhängigkeit vom Reifenlängsschlupf und Fahrbahnreibwert angegeben, wobei die gesetzten Parameter und diese Kennlinien beispielsweise für viele mögliche Realisierungen des Zusammenhangs zwischen Reifenlängskraft, Reifenlängsschlupf und Fahrbahnreibwert stehen. Auf der Hochachse ist die Radlängskraft  $\mu$  aufgetragen, welche definiert ist als

$$65 \quad \mu = F_{L\text{Rad}}/T_{N\text{Rad}},$$

das heißt als Quotient aus Radlängskraft und Radnormalkraft. Auf der vertikalen Achse ist der Schlupf SI aufgetragen. Zur Approximation der Längskräfte werden die folgenden Gleichungen verwendet:

$$\mu = \sqrt{(a_x^2 + a_y^2)} / g$$

wobei:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ,

$a_x, a_y$ : Beschleunigung in Längs- beziehungsweise Querrichtung.

[0044] Da bei beschleunigungsfreier Fahrt in Längs- und Querrichtung keine Signale zur obigen Berechnung des ausgenutzten Reibwertes vorliegen, würde in diesem Fall ein Reibwert  $\mu = 0,0$  angegeben werden. Um Probleme mit solchen Nullwerten auszuschließen, wird der Wertebereich des Reibwertes auf  $\mu_{\text{Min}} = 0,1$  begrenzt. Als oberer Grenzwert kann beispielsweise  $\mu_{\text{Max}} = 1,0$  verwendet werden. Ebenfalls wäre eine Begrenzung auf höhere Werte denkbar.

[0045] Die Kennwerte für die Approximation der Längskräfte werden wie folgt berechnet, wobei  $Kl'$  einen Kraftgradienten bezeichnet und die angegebenen Zahlenwerte vorzugsweise einstellbar sind:

$$Sl'(\mu) \approx 0,04 + 0,08 \cdot \mu$$

$$Kl'(\mu) \approx 1,00 + 12,0 \cdot \mu$$

$$Sl'' \approx 0,70\%$$

[0046] Die eigentliche Approximation der Längskräfte unter der Verwendung von  $Sl$  als Eingangsinformation erfolgt dann für  $Sl < Sl'(\mu)$  gemäß der Beziehung:

$$F_L = F_N \cdot Kl'(\mu) \cdot Sl.$$

[0047] Andernfalls wird die Längskraft  $F_L$  nach der folgenden Beziehung bestimmt:

$$F_L = F_N \cdot Kl'(\mu) \cdot Sl' \cdot (Sl' + Sl'') / (Sl' + Sl'').$$

[0048] Durch die zweite Berechnungsart von  $F_L$  wird der Abfall der Kennlinie bei hohem Schlupf  $Sl$  berücksichtigt.

[0049] Im Zusammenhang mit den obigen Berechnungen ist darauf hinzuweisen, dass der Reibwert auf den Fahrzeugschwerpunkt bezogen wird. Hierdurch werden ungleiche Reibwerte auf der rechten beziehungsweise der linken Fahrzeugseite durch Mittelwertbildung berücksichtigt.

[0050] Fig. 4 zeigt eine  $\mu$ -Schlupfkurve für ein Reifenmodell in Reifenquerrichtung. Auf der Hochachse des Diagramms ist die Radseitenkraft aufgetragen, welche als

$$\mu = F_{\text{SRad}} / F_{\text{NRad}}$$

definiert ist, das heißt als Quotient aus Radseitenkraft und Radnormalkraft.

[0051] Auf der Rechtsachse des Diagramms ist der Schräglauflparameter  $\alpha$  aufgetragen.

[0052] Zur Bestimmung der Reibwertinformation wird auf die Ausführungen zu Fig. 3 verwiesen.

[0053] Die Einstellparameter können auf der Grundlage der nachfolgenden Gleichungen ermittelt werden, wobei auch hier die Zahlenwerte vorzugsweise einstellbar sind:

$$\alpha'(\mu) \approx 0,80 + 4,00 \cdot \mu$$

$$ks'(\mu) \approx 0,11 + 0,17 \cdot \mu$$

$$\alpha'' \approx 30^\circ$$

[0054] Die eigentliche Approximation findet dann nach den folgenden Gleichungen statt, wobei wiederum zwischen zwei Fällen zu unterscheiden ist. Im ersten Fall gilt  $\alpha < \alpha'(\mu)$ . Die Seitenkraft wird dann nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$F_S(\mu, \alpha) = ks'(\mu) \cdot \alpha \cdot F_N.$$

[0055] In anderen Fällen wird die Seitenkraft nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$F_S(\mu, \alpha) = ks'(\mu) \cdot \alpha' \cdot F_N \cdot (\alpha' + \alpha'') / (\alpha + \alpha'').$$

[0056] Im zweiten Fall wird das Abfallen der Seitenkraft bei hohen Werten von  $\alpha$  berücksichtigt.

[0057] Bei kleinen Werten von  $\alpha$  kann weiterhin die folgende Approximation vorgenommen werden:

$$F_S(\mu, \alpha) \approx ks'(\mu) \cdot F_N \cdot \delta = \Delta F_S(\mu) \cdot \delta.$$

[0058] Im Hinblick auf die ungleichen Reibwerte zwischen rechter und linker Fahrzeugseite wird wiederum auf die Ausführungen zu Fig. 3 verwiesen.

[0059] Fig. 5 zeigt ein Diagramm zur Erläuterung der Winkelbeziehungen der Reifenkräfte. Die Reifenlängskräfte  $F_L(Sl, \mu, F_N)$  und  $F_S(\alpha, \mu, F_N)$  des Reifens 70, welche durch den Reibwert  $\mu$  und den den Reibwert  $\mu$  ausnutzenden Längsschlupf  $Sl$  beziehungsweise durch den Reibwert  $\mu$  und den Reifenschräglaufl  $\alpha$  bestimmt werden, addieren sich quadratisch zur Reifengesamtkraft

$$F_R(\lambda, \mu, F_N) = \sqrt{(F_S(\alpha, \mu, F_N)^2 + F_L(Sl, \mu, F_N)^2)}.$$

[0060] Nimmt man an, dass sich die Reifenkennlinien in Längs- und Querrichtung im linearen Bereich befinden, dass also kleiner Schlupf und kleiner Schräglaufl vorliegen, so lassen sich Schlupf und Schräglaufl in Fig. 5 in der dargestellten

Weise eintragen. Auf diese Weise lässt sich aus Schlupf  $Sl$  und Schräglauf  $\alpha_{Sl}$  der Kraftwinkel  $\delta$  zu

$$\tan(\delta) = F_S / F_L = \alpha_{Sl} / Sl$$

- 5 definieren. Aufgrund der auftretenden Nichtlinearitäten stimmt diese Beziehung für große Werte von Schlupf und Schräglauf nicht exakt, reicht aber in ihrer Güte bei vielen Anwendungen für die hier notwendige Abschätzung aus.  
 [0061] Auf diese Weise lässt sich aus einer vorgegebenen Radkraft  $F_R$  eine Fahrzeuglängskraft  $F_L$  abschätzen zu

$$F_L = F_R \cdot Sl / \lambda$$

- 10 und die Reifenquerkraft  $F_S$  zu

$$F_S = F_R \cdot \alpha_{Sl} / \lambda.$$

- 15 [0062] Diese Gleichungen lassen sich relativ einfach mit der in der Fig. 5 eingetragenen Längsschlupfäquivalente  $\lambda$  verwirklichen, wobei Nulldivisionen gesondert behandelt werden müssen.

- [0063] Ausgehend von den Reifenkraftmodellen, die anhand der Fig. 4 und 5 erläutert wurden, ist die Bestimmung der Längskraftbelastung und der Querkraftbelastung eines Reifens prinzipiell möglich. Die genannten Modelle gehen jedoch von einer monodirektionalen Kraftwirkung aus. Die Überlagerung bei bidirektionalen Kraftwirkungen muss gesondert  
 20 behandelt werden. Wird versucht, die Längskraft und die Querkraft gesondert zu bestimmen und nachträglich zu überlagern, so können durch die nicht eindeutige Zuordnung der Reifenkräfte zum Schräglauf beziehungsweise Schlupf durch das Maximum der Kurven bei mittelgroßen Werten problematische Effekte in der Kraftauswertung entstehen.

- [0064] Dies kann unter der weitgehend gültigen Annahme symmetrischen Reifenverhaltens in Längsrichtung und Querrichtung beispielsweise durch folgendes Vorgehen vermieden werden:

- 25 - Die maximal übertragbare Reifenkraft wird mit  $\mu \cdot F_N$  angenommen.  
 - Der Schräglaufschlupf und der Längsschlupf werden quadratisch zu einer Längsschlupfäquivalente  $\lambda$  überlagert.  
 - Der Verlauf dieser resultierenden Reifenkraft erfolgt aus einem ähnlichen Kennlinienmodell, wie es im Zusammenhang mit den Fig. 3 und 4 erläutert wurde.  
 30 - Es erfolgt eine Aufspaltung der Reifenkraft in Längskraftkomponenten und Querkraftkomponenten anhand von Winkelbeziehungen, wobei die Aufspaltung auf dem Schlupf und dem Schräglauf basiert.

[0065] Die Approximation der Reifenkräfte erfolgt anhand der nachfolgenden Gleichungen. Die Reibwertinformation wird wiederum so gebildet, wie es anhand von Fig. 3 erläutert wurde.

- 35 [0066] Es wird mit den folgenden Kennwerten gearbeitet, wobei die Zahlenwerte wiederum einstellbar sind:

$$P_{K\lambda 1} \approx 0,80 [\%]$$

$$P_{K\lambda 2} \approx 4,00 [\%]$$

$$P_{K\lambda 3} \approx 30,11 [-]$$

$$P_{K\lambda 4} \approx 0,17 [-]$$

40  $P_{K\lambda 5} \approx 70,0 [\%]$

[0067] Eine Approximation erfolgt nach den folgenden Gleichungen, aufgeteilt in zwei Fälle:

$$\lambda = \sqrt{(\alpha_{Sl})^2 + Sl^2}$$

45  $\lambda'(\mu) = P_{K\lambda 1} + P_{K\lambda 2} \cdot \mu$

$$k_\lambda(\mu) = P_{K\lambda 3} + P_{K\lambda 4} \cdot \mu$$

$$\lambda'' = P_{K\lambda 5}$$

- 50 [0068] Erster Fall:  
 $\lambda < \lambda'(\mu).$

[0069] In diesem Fall wird die Seitenkraft nach der folgenden Gleichung berechnet:

55  $F_S(\mu, \lambda) = k_S'(\mu) \cdot \lambda \cdot F_n.$

[0070] Im zweiten Fall, das heißt  $\lambda \geq \lambda'(\mu)$ , erfolgt die Berechnung wie folgt:

$$F_S(\mu, \lambda) = k_\lambda'(\mu) \cdot \lambda' \cdot F_n \cdot (\lambda' + \lambda'') / (\lambda + \lambda'').$$

- 60 [0071] Der zweite Fall realisiert einen Abfall der Seitenkraft bei hohen Werten der Längsschlupfäquivalente  $\lambda$ .  
 [0072] Die Umrechnung auf die Längskraft erfolgt dann nach der Gleichung

$$F_L(\mu, \lambda, Sl) = F_S(\mu, \lambda) \cdot Sl / \lambda.$$

- 65 [0073] Die Umrechnung auf die Querkraft erfolgt nach

$$F_L(\mu, \lambda, Sl) = F_S(\mu, \lambda) \cdot \alpha_{Sl} / \lambda.$$

[0074] Zu den Ausführungen im Hinblick auf ungleiche Reibwerte zwischen rechter und linker Fahrzeugseite wird auf die Ausführungen zu Fig. 3 verwiesen.

[0075] Fig. 6 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung einer Reifenkraftberechnung für bidirektionale Beanspruchung. Zunächst wird die Bedeutung der einzelnen Verfahrensschritte angegeben.

3201: Start

3202:  $P\_K\lambda_1 = 0,80 \dots [\%]$  Parameter 1 für Bestimmung der Lage des Maximums

$P\_K\lambda_2 = 4,00 \dots [\%]$  Parameter 2 für Bestimmung der Lage des Maximums

$P\_K\lambda_3 = 0,11 \dots [-]$  Parameter 3 für Bestimmung der Steigung aus Ursprung

$P\_K\lambda_4 = 0,17 \dots [-]$  Parameter 4 für Bestimmung der Steigung aus Ursprung

$P\_K\lambda_5 = 70,0 \dots [\%]$  Parameter 5 für Bestimmung des Abfalls bei hohen Werten

$P\_K\alpha_{SI} = 100,0/45,0 \dots [1/^\circ]$  Umrechnungsfaktor von Schräglauf zu Schlupf

3203:  $\alpha_{SI} = \alpha \cdot P\_K\alpha_{SI} \dots$  Umrechnung Schräglauf in Längsschlupfäquivalente

$\lambda = S_{QRT} \{ \alpha_{SI}^2 + SI^2 \} \dots$  Schlupf und Längsschlupf quadratisch addieren

$\lambda' = P\_K\lambda_1 + P\_K\lambda_2 \cdot \mu \dots$  Reifenkraftmaximum abhängig von Längsschlupfäquivalente

$K_\lambda = P\_K\lambda_3 + P\_K\lambda_4 \cdot \mu \dots$  Reifenkraftgradient bzgl. Ursprung Längsschlupfäquivalente

$\lambda'' = P\_K\lambda_5 \dots$  def. Reifenkraftabfall ab Maximum bzgl. Längsschlupfäquivalente

3204:  $\lambda < \lambda' \dots$  Längsschlupfäquivalente kleiner als Wert bei maximaler Reifenkraft?

3205:  $F_R = F_N \cdot K_\lambda \cdot \lambda' \cdot (\lambda'' + \lambda')/(\lambda + \lambda') \dots$  Reifengesamtkraft ab -maximum bzgl. Längsschlupfäquivalente

3206:  $F_R = F_N \cdot K_\lambda \cdot \lambda \dots$  Reifengesamtkraft bis -maximum bzgl. Längsschlupfäquivalente

3207:  $\lambda = 0 \dots$  Längsschlupfäquivalente gleich  $= 0,0?$

3208:  $F_S = 0,0 \dots$  Reifenquerkraft

$F_L = 0,0 \dots$  Reifenlängskraft

3209:  $F_S = F_R \cdot \alpha_{SI}/\lambda \dots$  Reifenquerkraft

$F_L = F_R \cdot SI/\lambda \dots$  Reifenlängskraft

3210: Ende

[0076] Nach dem Start in Schritt 3201 werden in Schritt 3202 Parameter für die Reifenkraftbestimmung gesetzt. In Schritt 3203 werden unter Verwendung der Parameter aus Schritt 3202 weitere Größen berechnet, die in den Schritten 3204 bis 3210 Verwendung finden können. In Schritt 3204 wird zunächst festgestellt, ob die Längsschlupfäquivalente kleiner als der Wert bei maximaler Reifenkraft ist. Ist dies der Fall, so wird in Schritt 3206 die Reifengesamtkraft nach der dort angegebenen Beziehung berechnet. Ist dies nicht der Fall, so wird in Schritt 3205 eine andere dort angegebene Beziehung zur Berechnung der Reifengesamtkraft benutzt. In Schritt 3207 wird dann geprüft, ob die Längsschlupfäquivalente gleich Null ist. Ist dies der Fall, so werden unter Vermeidung einer Division durch Null die Reifenquerkraft  $F_S$  und die Reifenlängskraft  $F_L$  auf Null gesetzt. Ist dies nicht der Fall, das heißt die Längsschlupfäquivalente ist ungleich Null, so werden die Reifenquerkraft und die Reifenlängskraft gemäß den dort angegebenen Beziehungen berechnet. In Schritt 3210 endet das Verfahren gemäß Fig. 6.

[0077] Fig. 7 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Berechnung einer Reifenkraft und einer Reifenkraftänderung bei einem ESP-Längskrafteingriff. Bezüglich eines ESP-Eingriffes gilt der Schräglaufwinkel an der Vorder- und Hinterachse als bekannte aber vorgegebene Größe, wobei in den Radschlupf zur Längskraftvariation eingegriffen werden kann. Das Flussdiagramm gemäß Fig. 7 zeigt die Berechnung der aktuellen Radkräfte und der Radkraftänderungen aufgrund des ESP-Eingriffes. Dieser Algorithmus muss für jedes Rad durchlaufen werden. Zunächst wird die Bedeutung der einzelnen Schritte angegeben.

3211 Start

3212  $SI = SI_{Rad} \dots$  Längsschlupf des betrachteten Rades

3213  $\alpha = \alpha_{Rad} \dots$  Schräglaufwinkel des Rades

3214 Aufruf des Reifenkraftmodells als Funktion von  $SI, \alpha$

3215  $F_{SRad} = F_S \dots$  Seitenkraft ablegen

$F_{LRad} = F_L \dots$  Längskraft ablegen

3216  $SI = SI + SI_{Rad} \cdot \Delta SI \dots$  Längsschlupfeingriff für Rad

3217 Aufruf des Reifenkraftmodells als Funktion von  $SI, \alpha$

3218  $\Delta F_{SESPRad} = F_{SRad} - F_S \dots$  Seitenkraftänderung ablegen

$\Delta F_{LESPRad} = F_{LRad} - F_L \dots$  Längskraftänderung ablegen

3219 Ende

[0078] Nach dem Start der Berechnung in Schritt 3211 wird in Schritt 3212 der Längsschlupf eines betrachteten Rades ermittelt. Nachfolgend wird in Schritt 3213 der Schräglaufwinkel des Rades ermittelt. In Schritt 3214 wird das Reifenkraftmodell als Funktion der ermittelten Parameter  $SI$  und  $\alpha$  aufgerufen. In Schritt 3215 werden die ermittelte Seitenkraft und die ermittelte Längskraft als Parameter  $F_{SRad}$  beziehungsweise  $F_{LRad}$  abgelegt. In Schritt 3216 wird der Längsschlupfeingriff für das Rad berücksichtigt. In Schritt 3217 wird wiederum das Reifenkraftmodell als Funktion der neuen Parameter  $SI$  und  $\alpha$  aufgerufen. In Schritt 3218 werden dann durch Differenzbildung die Seitenkraftänderung und die Längskraftänderung ermittelt und abgelegt. In Schritt 3219 endet die Berechnung der Reifenkraft für das betrachtete Rad.

[0079] Fig. 8 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Berechnung einer Reifenkraft und einer Reifenkraftänderung bei einem EAS-Seitenkrafteingriff. Bezüglich eines EAS-Eingriffes gilt der Radschlupf an der Vorderachse und der Hinterachse als bekannte aber vorgegebene Größe, wobei in den Schräglaufwinkel zumindest an der Vorderachse zur Seitenkraftvariation eingegriffen werden kann. Das Flussdiagramm gemäß Fig. 8 zeigt die Berechnung der aktuellen Radkräfte und der Radkraftänderungen aufgrund des EAS-Eingriffes. Die Schräglaufwinkleingriffe durch EAS werden



radindividuell gespeichert und für die Hinterräder mit Null belegt. Hierdurch kann der anhand von Fig. 8 erläuterte Algorithmus für alle Räder gleich durchlaufen werden und somit auch für Fahrzeuge mit einer aktiven Hinterachslenkung mit entsprechenden Signalbelegungen. Der nachfolgend erläuterte Algorithmus muss für jedes Rad durchlaufen werden. Zunächst wird die Bedeutung der in Fig. 8 gezeigten Verfahrensschritte angegeben.

5 3220 Start

3221  $SI = SI_{Rad} \dots$  Längsschlupf des betrachteten Rades

3222  $\alpha = \alpha_{Rad} \dots$  Schräglaufwinkel des Rades

3223 Aufruf des Reifenkraftmodells als Funktion von  $SI, \alpha$

3224  $F_{SRad} = F_S \dots$  Seitenkraft ablegen

10  $F_{LRad} = F_L \dots$  Längskraft ablegen

3225  $\alpha = \alpha + \alpha_{RadIAS} \dots$  Längsschlupfeingriff des Rades

3226 Aufruf des Reifenkraftmodells als Funktion von  $SI, \alpha$

3227  $\Delta F_{SEASRad} = F_{SRad} - F_S \dots$  Seitenkraftänderung ablegen

$\Delta F_{LEASRad} = F_{LRad} - F_L \dots$  Längskraftänderung ablegen

15 3228 Ende

[0080] In Schritt 3220 startet die Berechnung der Reifenkraft und der Reifenkraftänderung für den EAS-Längskraft-eingriff. In Schritt 3221 wird der Längsschlupf des betrachteten Rades als Variable  $SI$  abgelegt. In Schritt 3222 wird der Schräglaufwinkel des Rades als Variable  $\alpha$  abgelegt. In Schritt 3223 wird unter Verwendung der abgelegten Parameter  $SI$  und  $\alpha$  das Reifenkraftmodell aufgerufen. In Schritt 3224 werden die Seitenkraft und die Längskraft des Rades abgelegt. Nachfolgend wird in Schritt 3225 ein Längsschlupfeingriff des Rades berücksichtigt und eine neue Variable  $\alpha$  abgelegt. In Schritt 3226 wird wiederum das Reifenkraftmodell als Funktion der nun vorhandenen Parameter  $SI$  und  $\alpha$  aufgerufen. Im Anschluss daran wird im Schritt 3227 durch Differenzbildung eine Seitenkraftänderung berechnet und abgelegt. Ebenfalls wird durch Differenzbildung eine Längskraftänderung berechnet und nachfolgend abgelegt. In Schritt 3228 endet das in Fig. 8 dargestellte Verfahren.

[0081] Fig. 9 zeigt ein Diagramm zur Erläuterung eines Fahrzeugmodells zur Berechnung der Drehmomente um die Hochachse auf den Fahrzeugschwerpunkt. Die in Fig. 9 dargestellten Symbole haben die folgenden Bedeutungen:

$\delta$ : Lenkwinkel, bei EAS nur Vorderachse

$\alpha_H$ : Reifenschräglaufwinkel Hinterachse

30  $\alpha_V$ : Reifenschräglaufwinkel Vorderachse

$\omega$ : Fahrzeuggieregeschwindigkeit

$\beta$ : Fahrzeugschwimmwinkel

$v_{Fz}$ : Fahrzeuggeschwindigkeit geradeaus

$F_{Lxy}$ : Reifenlängskraft an Achse  $x$  (vorne/hinten) und Seite  $y$  (rechts/links)

35  $F_{Sxy}$ : Reifenquerkraft an Achse  $x$  (vorne/hinten) und Seite  $y$  (rechts/links)

[0082] Zur Vereinfachung wird angenommen, dass der Fahrzeugschwimmwinkel und die Reifenschräglaufwinkel klein sind und damit eine Aufspaltung der Kräfte in Sinus- und Cosinusanteile ohne hohen Genauigkeitsverlust unterlassen werden darf. Es ergibt sich für die Momente aus Längskraft (Index  $L$ ) und Querkraft (Index  $S$ ):

$M_L = -F_L \cdot SW/2$  für Räder links

40  $M_L = F_L \cdot SW/2$  für Räder rechts

$M_S = -F_S \cdot l_{SpV}$  für Vorderachse

$M_S = F_S \cdot l_{SpH}$  für Hinterachse

[0083] Fig. 10 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Berechnung von Momenten auf den Fahrzeugschwerpunkt um die Hochachse. Anhand der ermittelten Quer- und Längskraftbelastung des Reifens kann zusammen mit den wirksamen Hebelarmen das Moment auf den Fahrzeugschwerpunkt durch das jeweilige Rad sowie die Änderung dieses Momentes aus den Änderungen der Kräfte durch die Eingriffe des ESP und des EAS ermittelt werden. Diese ermittelten Werte lassen sich für alle Räder aufsummieren, was anhand von Fig. 10 erläutert wird. Zunächst wird die Bedeutung der in Fig. 10 dargestellten Schritte angegeben:

3501 Start

50 3502 Rad == VL OR Rad == VR ... Rad befindet sich an Vorderachse

3503  $M_S = F_S \cdot l_{SpH} \dots$  Moment auf Fahrzeugschwerpunkt durch Seitenkraft an Hinterachse

3504  $M_S = -F_S \cdot l_{SpV} \dots$  Moment auf Fahrzeugschwerpunkt durch Seitenkraft an Vorderachse

3505 Rad == VL OR Rad == HL ... Rad befindet sich links

3506  $M_L = F_L \cdot SW/2 \dots$  Moment auf Fahrzeugschwerpunkt durch Längskraft rechts

55 3507  $M_L = -F_L \cdot SW/2 \dots$  Moment auf Fahrzeugschwerpunkt durch Längskraft links

3508  $M_{Sp} = M_L + M_S \dots$  Momentenanteil auf Fahrzeugschwerpunkt durch dieses Rad

3509 Ende

[0084] Nach dem Start des Programmflusses in Schritt 3501 wird in Schritt 3502 ermittelt, ob sich das Rad an der Vorderachse befindet. Ist dies der Fall, so wird in Schritt 3504 das Moment auf den Fahrzeugschwerpunkt durch die Seitenkraft an der Vorderachse berechnet. Ist dies nicht der Fall, so wird in Schritt 3503 das Moment auf den Fahrzeugschwerpunkt durch die Seitenkraft an der Hinterachse berechnet.

[0085] Nachfolgend wird in Schritt 3505 ermittelt, ob sich das Rad auf der linken Fahrzeugseite befindet. Ist dies der Fall, so wird in Schritt 3507 das Moment auf den Fahrzeugschwerpunkt durch eine Längskraft auf der linken Seite ermittelt. Ist dies nicht der Fall, so wird in Schritt 3506 das Moment auf den Fahrzeugschwerpunkt durch eine Längskraft auf der rechten Seite ermittelt.

[0086] Nachfolgend wird in Schritt 3508 der Momentenanteil auf den Fahrzeugschwerpunkt durch das betrachtete Rad durch Addition der in den Schritten 3503 beziehungsweise 3504 und 3506 beziehungsweise 3507 ermittelten Momente



ermittelt. In Schritt 3509 endet der Programmfluss.

[0087] Fig. 11 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Berechnung eines Schwerpunktmomentes durch Summation. Zunächst wird die Bedeutung der in Fig. 11 gezeigten Verfahrensschritte angegeben.

3510 Start

3511  $M_{Gier} = 0,0$  ... Defaultbelegung für Schwerpunktmoment

5

3512  $F_L = F_L \text{Rad}_{VL}$

$F_S = F_S \text{Rad}_{VL}$  ... vorne links

3513 Aufruf der Bestimmung Moment um Hochachse auf Fahrzeugschwerpunkt

3514  $M_{Gier} = M_{Gier} + M_{Sp}$  ... Giernoment aus Summation Schwerpunktsmomente

3515  $F_L = F_L \text{Rad}_{VR}$

10

$F_S = F_S \text{Rad}_{VR}$  ... vorne rechts

3516 Aufruf der Bestimmung Moment um Hochachse auf Fahrzeugschwerpunkt

3517  $M_{Gier} = M_{Gier} + M_{Sp}$  ... Giernoment aus Summation Schwerpunktsmomente

3518  $F_L = F_L \text{Rad}_{HL}$ ,  $F_S = F_S \text{Rad}_{HL}$  ... hinten links

3519 Aufruf der Bestimmung Moment um Hochachse auf Fahrzeugschwerpunkt

15

3520  $M_{Gier} = M_{Gier} + M_{Sp}$  ... Giernoment aus Summation Schwerpunktsmomente

3521  $F_L = F_L \text{Rad}_{HR}$

$F_S = F_S \text{Rad}_{HR}$  ... hinten rechts

3522 Aufruf der Bestimmung Moment um Hochachse auf Fahrzeugschwerpunkt

3523  $M_{Gier} = M_{Gier} + M_{Sp}$  ... Giernoment aus Summation Schwerpunktsmomente

20

3524 Ende

[0088] In Schritt 3510 startet die Summation aller Räder für das Schwerpunktmoment. Daraufhin wird in Schritt 3511 ein Auslassungswert für das Schwerpunktmoment festgelegt. In Schritt 3512 werden die Längskraft und die Seitenkraft des Rades vorne links auf die weiter zu verarbeitenden Variablen abgelegt.

25

[0089] In Schritt 3513 werden diese bei der Bestimmung des Momentes um die Hochachse auf den Fahrzeugschwerpunkt verwendet. In Schritt 3514 wird das Giernoment aus der Summation der Schwerpunktsmomente berechnet.

[0090] In den Schritten 3515 bis 3517 wird für das Rad vorne rechts das anhand der Schritte 3512 bis 3514 für vorne links erläuterte Verfahren wiederholt. Danach wird das Verfahren in den Schritten 3518 bis 3520 für die Räder hinten links wiederholt. Im Anschluss an die Berechnung für das Rad hinten links wird das Verfahren in der gleichen Weise für das Rad hinten rechts in den Schritten 3521 bis 3523 durchgeführt. In Schritt 3524 endet der Ablauf.

30

[0091] Fig. 12 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Berechnung eines Schwerpunktmomentes durch Summation bei ESP-Längskrafteingriff. Wiederum wird zunächst die Bedeutung der in Fig. 12 gezeigten Verfahrensschritte angegeben.

3401 Start

35

3402  $M_{GiESP} = 0,0$  ... Defaultbelegung für Schwerpunktmoment

3403  $F_L = F_L \text{Rad}_{VL} - \Delta F_{LESP} \text{Rad}_{VL}$

$F_S = F_S \text{Rad}_{VL} - \Delta F_{SESP} \text{Rad}_{VL}$  ... vorne links

3404 Aufruf der Bestimmung Moment um Hochachse auf Fahrzeugschwerpunkt

3405  $M_{GiESP} = M_{GiESP} + M_{Sp}$  ... Giernoment aus Summation Schwerpunktsmomente

40

3406  $F_L = F_L \text{Rad}_{VR} - \Delta F_{LESP} \text{Rad}_{VR}$

$F_S = F_S \text{Rad}_{VR} - \Delta F_{SESP} \text{Rad}_{VR}$  ... vorne rechts

3407 Aufruf der Bestimmung Moment um Hochachse auf Fahrzeugschwerpunkt

3408  $M_{GiESP} = M_{GiESP} + M_{Sp}$  ... Giernoment aus Summation Schwerpunktsmomente

3409  $F_L = F_L \text{Rad}_{HL} - \Delta F_{LESP} \text{Rad}_{HL}$

45

$F_S = F_S \text{Rad}_{HL} - \Delta F_{SESP} \text{Rad}_{HL}$  ... hinten links

3410 Aufruf der Bestimmung Moment um Hochachse auf Fahrzeugschwerpunkt

3411  $M_{GiESP} = M_{GiESP} + M_{Sp}$  ... Giernoment aus Summation Schwerpunktsmomente

3412  $F_L = F_L \text{Rad}_{HR} - \Delta F_{LESP} \text{Rad}_{HR}$

$F_S = F_S \text{Rad}_{HR} - \Delta F_{SESP} \text{Rad}_{HR}$  ... hinten rechts

50

3413 Aufruf der Bestimmung Moment um Hochachse auf Fahrzeugschwerpunkt

3414  $M_{GiESP} = M_{GiESP} + M_{Sp}$  ... Giernoment aus Summation Schwerpunktsmomente

3415 Ende

[0092] In Schritt 3401 beginnt der Verfahrensablauf. In Schritt 3402 wird zunächst der Auslassungswert für das Schwerpunktmoment auf den Wert Null festgelegt. Nachfolgend wird in Schritt 3403 aus der Radlängskraft am Rad Vorne links und der für dieses Rad ermittelten Längskraftänderung ein Wert berechnet, der auf die Variable für die Längskraft abgelegt wird. Weiterhin wird aus entsprechenden Größen der Wert für die Variable  $F_S$  bestimmt. In Schritt 3404 wird das Moment um die Hochachse auf den Fahrzeugschwerpunkt unter Verwendung der in Schritt 3403 festgelegten Größen ermittelt. In Schritt 3405 wird das Giernoment durch Summation der Schwerpunktsmomente berechnet.

55

[0093] In den Schritten 3406 bis 3408 werden die Schritte 3403 bis 3405, die dort für das Rad vorne links durchgeführt wurden, für das Rad vorne rechts durchgeführt. Danach wird in den Schritten 3409 bis 3411 das Verfahren für das Rad hinten links durchgeführt. Schließlich wird in den Schritten 3412 bis 3414 das Verfahren für das Rad hinten rechts durchgeführt. In Schritt 3415 endet der Ablauf dieses Programmflusses.

60

[0094] Fig. 13 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Berechnung eines Schwerpunktmomentes durch Summation bei EAS-Seitenkrafteingriff.

65

[0095] Zunächst wird die Bedeutung der in Fig. 13 gezeigten Verfahrensschritte angegeben.

3601 Start

- 3602**  $M_{GiEAS} = 0,0$  . . . Defaultbelegung für Schwerpunktsmoment  
**3603**  $F_L = F_LRad_{VL} \cdot \Delta F_{LEASRad_{VL}}$   
 $F_S = F_SRad_{VL} \cdot \Delta F_{SEASRad_{VL}}$  . . . vorne links  
**3604** Aufruf der Bestimmung Moment um Hochachse auf Fahrzeugschwerpunkt  
**3605**  $M_{GiEAS} = M_{GiEAS} + M_{Sp}$  . . . Giernoment aus Summation Schwerpunktsmomente  
**3606**  $F_L = F_LRad_{VR} \cdot \Delta F_{LEASRad_{VR}}$   
 $F_S = F_SRad_{VR} \cdot \Delta F_{SEASRad_{VR}}$  . . . vorne rechts  
**3607** Aufruf der Bestimmung Moment um Hochachse auf Fahrzeugschwerpunkt  
**3608**  $M_{GiEAS} = M_{GiEAS} + M_{Sp}$  . . . Giernoment aus Summation Schwerpunktsmomente  
**3609**  $F_L = F_LRad_{HL} \cdot \Delta F_{LEASRad_{HL}}$   
 $F_S = F_SRad_{HL} \cdot \Delta F_{SEASRad_{HL}}$  . . . hinten links  
**3610** Aufruf der Bestimmung Moment um Hochachse auf Fahrzeugschwerpunkt  
**3611**  $M_{GiEAS} = M_{GiEAS} + M_{Sp}$  . . . Giernoment aus Summation Schwerpunktsmomente  
**3612**  $F_L = F_LRad_{HR} \cdot \Delta F_{LEASRad_{HR}}$   
 $F_S = F_SRad_{HR} \cdot \Delta F_{SEASRad_{HR}}$  . . . hinten rechts  
**3613** Aufruf der Bestimmung Moment um Hochachse auf Fahrzeugschwerpunkt  
**3614**  $M_{GiEAS} = M_{GiEAS} + M_{Sp}$  . . . Giernoment aus Summation Schwerpunktsmomente  
**3615** Ende
- [0096]** Nach dem Start der Routine in Schritt **3601** wird in Schritt **3602** ein Auslassungswert für das Schwerpunktsmoment von Null festgesetzt. Danach wird aus der Längskraft und der ermittelten Längskraftänderung die für die Bestimmung des Momentes um die Hochachse auf den Fahrzeugschwerpunkt verwendete Längskraft ermittelt. In gleicher Weise wird aus entsprechenden Werten die Seitenkraft ermittelt. In Schritt **3604** findet ein Aufruf der Bestimmung des Momentes um die Hochachse auf den Fahrzeugschwerpunkt unter Verwendung der in Schritt **3603** ermittelten Größen statt. In Schritt **3605** wird das Giernoment durch die Summation der Schwerpunktsmomente ermittelt.  
**[0097]** In den Schritten **3606** bis **3608** wird für das Rad vorne rechts das gleiche Verfahren durchgeführt, wie es im Zusammenhang mit den Schritten **3603** bis **3605** für das Rad vorne links erläutert wurde. In den Schritten **3609** bis **3611** wird das Verfahren dann für das Rad hinten links durchgeführt. In den Schritten **3612** bis **3614** wird das Verfahren für das Rad hinten rechts durchgeführt. In Schritt **3615** endet der Programmfluss.
- [0098]** An dieser Stelle wird bemerkt, dass die angegebene Reihenfolge der bisher angegebenen Verarbeitungen der einzelnen Räder geändert werden kann.  
**[0099]** Fig. 14 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Bildung von Eingriffsmomenten bei ESP und EAS für eine Eingriffsbewertung. Die Momentenänderung durch die Eingriffe von ESP und EAS werden als stabilisierendes Moment durch Längs- beziehungsweise Querkraftänderung aufgefasst. An dieser Stelle können andere Systeme, die die gleiche Wirkung aber andere Schnittstellen haben, eingekoppelt werden. Da eine solche Schnittstellenbildung systemtechnisch von großer Bedeutung sein kann, wird dieser Schritt explizit als solcher ausgeführt.  
**[0100]** Für die Bildung des Eingriffsmoments in Normalkraftrichtung können die in Zusammenhang mit Fig. 14 erläuterten und die in Zusammenhang mit den Fig. 10 bis 13 aufgeführten Berechnungsschritte als Beispiel für die Vorgehensweise dienen, um so die Wirkung der Eingriffe in die Normalkraftverteilung bezüglich der Gesamtfahrzeugstabilität im Vergleich zu Systemen, die Längs- und Querkräfte beeinflussen, schlüssig zu bewerten. Als Schnittstellensignal wird analog zu  $M_S$  für den Seitenkrafteingriff und  $M_L$  für den Längskrafteingriff ein Signal  $M_N$  erwartet, welches die Änderung des auf den Fahrzeugschwerpunkt um die Hochachse des Fahrzeugs wirksame Giernoment beschreibt.  
**[0101]** Zunächst wird die Bedeutung der in Fig. 14 angegebenen Verfahrensschritte angegeben.
- 3525** Start  
**3526**  $M_S = M_{GiEAS} - M_{Gier}$  . . . Giernoment aus EAS-Eingriff minus Arbeitspunkt  
**3527**  $M_L = M_{GiESP} - M_{Gier}$  . . . Giernoment aus EAS-Eingriff minus Arbeitspunkt  
**3528** Ende
- [0102]** Nach dem Start der Routine in Schritt **3525** wird in Schritt **3526** das Schnittstellensignal für den Seitenkrafteingriff als Differenz des Giernomentes aus dem EAS-Eingriff minus dem Arbeitspunkt bezüglich der Seitenkraft berechnet. In vergleichbarer Weise wird in Schritt **3527** das Schnittstellensignal für den Längskrafteingriff durch Differenzbildung berechnet. In Schritt **3528** endet dieser Programmteil.  
**[0103]** Fig. 15 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung von Priorisierung, Bewertung und Auswahl stabilisierender Eingriffe. Zunächst wird die Auswahl des maximalen Momentes  $M_{SpMax}$  erläutert. Es werden die möglichen Eingriffe auf die Schwerpunktmomentenwirkung durch Normalkrafteingriff, Seitenkrafteingriff und Längskrafteingriff in der folgenden Weise überprüft:
- Moment durch Normalkraftverteilung
  - Moment durch Seitenkrafteingriff
  - a) + b)
  - g) + a)
  - g) + b)
  - a) + b) + g)
  - Moment durch Längskrafteingriff.
- [0104]** Dabei ist die Anzahl der Möglichkeiten  $2^n - 1$ , wobei  $n = 3 = \text{Anzahl der Eingriffsmöglichkeiten}$ . Diese Möglichkeiten werden in der genannten Reihenfolge anhand eines Betragsvergleiches durchgespielt und mit dem vorher aufgrund eines Betragsvergleiches ermittelten notwendigen Schwerpunktsmomentes  $M_{SpMax}$  verglichen. Wird  $M_{SpMax}$

erreicht, so wird der erste Eingriff in dieser Reihenfolge ausgewählt und zugelassen. Damit ist in der Reihenfolge der obigen Auflistung die Priorisierung der Eingriffe vorgegeben.

[0105] Durch diese einfachen Abfragen wird auf jeden Fall eine Fahrzeugstabilisierung erreicht, falls eine solche angefordert wird und überhaupt realisiert werden kann. Dabei ist es zum Beispiel denkbar, dass ESP zum Beispiel wegen eines Fehlers an einem ABS-Ventil nicht aktiviert werden kann, trotzdem aber ein notwendiges stabilisierendes Moment (Sollschlupf) vom ESP ausgegeben wird. Dessen Wirkung wird dann beispielsweise von EAS durch einen Normalkrafteingriff und EAS durch einen Seitenkrafteingriff realisiert.

[0106] Ebenfalls ist beispielsweise denkbar, dass die Momentenanforderung von ESP größer ist als die von EAS und von EAS. Daher wird Erstere als  $M_{SPMax}$  ausgewählt aber nicht durchgestellt, da die Summation der Momente durch Normal- und Seitenkraftvariation ausreicht, um dieses Moment darzustellen.

[0107] Ebenfalls ist es denkbar, dass ein Summeneingriff in der Wirkung schwächer und damit möglicherweise komfortabler ist als ein Einzeleingriff, beispielsweise durch das Hineinführen der Reifenkräfte in abfallende Bereiche der Kennlinien. Aus diesem Grund und um kombinierte Eingriffe überhaupt zu überprüfen, wird der als unkomfortabel bekannte Längskrafteingriff über die Bremsanlage zuletzt ausgewertet.

[0108] Bei dieser Abfolge der Rechenschritte wird vorausgesetzt, dass der Längskrafteingriff den geringsten Komfort und größten Geschwindigkeitsverlust bedeutet und dass ein Fahrwerkseingriff zur Änderung der Normalkraftverteilung den größten Komfortverlust bietet. Ebenso wird angenommen, dass ein Eingriff in die Lenkanlage zum Seitenkraftaufbau einen geringen Komfortverlust für den Fahrer darstellt.

[0109] Die Abfrage auf Beträge wird an dieser Stelle vorgenommen, um Eingriffe vorzeichenbereinigt zu vergleichen. Die Abfrage ist hinreichend, um die richtigen Eingriffe zuzulassen. Voraussetzung ist allerdings, dass die Eingriffe der Teilsysteme das gleiche Ziel verfolgen; ansonsten wird die Gesamtwirkung spürbar inhomogen sein. Zum Beispiel ist es denkbar, dass zu einem Zeitpunkt ein Teilsystem zur Verbesserung der Fahrzeugstabilität eine Reduktion des Fahrzeugschwimmwinkels realisiert, beispielsweise auf der Basis von Schätzalgorithmen des Schwimmwinkels. Ein anderes Teilsystem führt hingegen zum nahezu gleichen Zeitpunkt gerade eine Giergeschwindigkeitsregelung gegen Untersteuertendenzen durch. Dies könnte zu einer Abfolge von Eingriffen führen, die spürbar und schnell das Vorzeichen der Fahrzeugbeeinflussung wechseln lassen. In der Entwicklung solcher Verbundsysteme muss daher gesondert darauf geachtet werden, ob solche Eingriffe spürbar und/oder störend sind.

[0110] Als Alternative zu diesem Algorithmus wäre es denkbar, alle Eingriffe in ihrer Wirkung zu gewichten und nach der Durchsicht aller Eingriffe den Eingriff auszuwählen, der das erforderliche  $M_{SPMax}$  realisiert, aber einen möglichst kleinen Abstand zu diesen wahr. Damit wäre eine Vorgabe von Prioritäten, wie hier geschehen, überflüssig. Stattdessen würde in jedem Zyklus eine Priorität errechnet werden. Erkauft würde dieser Vorteil jedoch mit einem weiter erhöhtem Rechenaufwand.

[0111] Bevor das in Fig. 15 dargestellte Verfahren im Einzelnen erläutert wird, wird die Bedeutung der in Fig. 15 dargestellten Verfahrensschritte angegeben.

Fig. 15a:

3801 Start

3802  $M_{SPMax} = 0$  ... Defaultbelegung für notwendiges stabilisierendes Moment

$M_{a1} = M_N$  ... Moment aus Normalkrafteingriff hat für Stabilisierung 1. Priorität

$M_{b1} = M_S$  ... Moment aus Seitenkrafteingriff hat für Stabilisierung 2. Priorität

$M_{c1} = M_N + M_S$  ... Moment aus Normal- plus Seitenkrafteingriff hat 3. Priorität

$M_{d1} = M_L + M_N$  ... Moment aus Längs- plus Normalkrafteingriff hat 4. Priorität

$M_{e1} = M_L + M_S$  ... Moment aus Längs- plus Seitenkrafteingriff hat 5. Priorität

$M_{f1} = M_L + M_S + M_N$  ... Moment aus Längs- + Seiten- + Normalkrafteingriff 6. Priorität

$M_{g1} = M_L$  ... Moment aus Längskrafteingriff hat für Stabilisierung 7. Priorität

3803 EingriffNAus = FALSE ... Eingriff auf Normalkraft darf stattfinden

EingriffSAus = FALSE ... Eingriff auf Seitenkraft darf stattfinden

EingriffLAus = FALSE ... Eingriff auf Längskraft darf stattfinden

3804  $|M_L| > |M_{SPMax}|$  ... stabilisierendes Moment aus Längskrafteingriff größer als notwendiges stabilisierendes Moment

3805  $M_{SPMax} = M_L$  ... Moment aus Längskrafteingriff notw. stabilisierendes Moment

3806  $|M_N| > |M_{SPMax}|$  ... stabilisierendes Moment aus Normalkrafteingriff größer als notwendiges stabilisierendes Moment

3807  $M_{SPMax} = M_N$  ... Moment aus Normalkrafteingriff notw. stabilisierendes Moment

3808  $|M_S| > |M_{SPMax}|$  ... stabilisierendes Moment aus Seitenkrafteingriff größer als notwendiges stabilisierendes Moment

3809  $M_{SPMax} = M_S$  ... Moment aus Seitenkrafteingriff notw. stabilisierendes Moment

Fig. 15b:

3810  $|M_{a1}| < |M_{SPMax}|$  ... stabilisierendes Moment aus a) betragsmäßig kleiner als notwendiges stabilisierendes Moment

3811 EingriffLAus = TRUE ... Längskrafteingriff ausschalten EingriffSAus = TRUE ... Seitenkrafteingriff ausschalten

3812  $|M_{b1}| < |M_{SPMax}|$  ... stabilisierendes Moment aus b) betragsmäßig kleiner als notwendiges stabilisierendes Moment

3813 EingriffLAus = TRUE ... Längskrafteingriff ausschalten EingriffNAus = TRUE ... Normalkrafteingriff ausschalten

3814  $|M_{c1}| < |M_{SPMax}|$  ... stabilisierendes Moment aus c) betragsmäßig kleiner als notwendiges stabilisierendes Moment

3815 EingriffLAus = TRUE ... Längskrafteingriff ausschalten

3816  $|M_{d1}| < |M_{SPMax}|$  ... stabilisierendes Moment aus d) betragsmäßig kleiner als notwendiges stabilisierendes Moment

**3817** EingriffNAus = TRUE . . . Normalkrafteingriff ausschalten EingriffSAus = TRUE . . . Seitenkrafteingriff ausschalten

**Fig. 15c:**

**3818**  $|M_{\phi}| < |M_{SpMax}|$  . . . stabilisierendes Moment aus c) betragsmäßig kleiner als notwendiges stabilisierendes Moment

**3819** EingriffSAus = TRUE . . . Seitenkrafteingriff ausschalten

**3820**  $|M_{\eta}| < |M_{SpMax}|$  . . . stabilisierendes Moment aus f) betragsmäßig kleiner als notwendiges stabilisierendes Moment

**3821** EingriffNAus = TRUE . . . Normalkrafteingriff ausschalten

**3822** Ende

**[0112]** Der Programmlauf beginnt in Schritt **3801**. Nachfolgend werden in Schritt **3802** in Abhängigkeit der Prioritäten der Eingriffe Momente für die weitere Verarbeitung berechnet. In Schritt **3803** werden die Ausgangswerte festgelegt, die bestimmen, ob Eingriffe stattfinden dürfen. Dabei wird zunächst festgelegt, dass sowohl der Normalkrafteingriff, der Seitenkrafteingriff als auch der Längskrafteingriff stattfinden dürfen.

**[0113]** In Schritt **3804** wird ermittelt, ob das stabilisierende Moment aus dem Längskrafteingriff größer ist als das notwendige stabilisierende Moment. Ist dies der Fall, so wird das Moment aus dem Längskrafteingriff als notwendiges stabilisierendes Moment in Schritt **3805** abgelegt. Danach wird zu Schritt **3806** übergegangen. Wird die Abfrage in Schritt **3804** mit Nein beantwortet, so wird sogleich zu Schritt **3806** übergegangen.

**[0114]** In Schritt **3806** wird ermittelt, ob das stabilisierende Moment aus dem Normalkrafteingriff größer ist als ein notwendiges stabilisierendes Moment. Ist dies der Fall, so wird das Moment aus dem Normalkrafteingriff in Schritt **3807** als notwendiges stabilisierendes Moment abgelegt. Danach wird zu Schritt **3808** übergegangen. Wird die Abfrage in Schritt **3806** mit Nein beantwortet, so wird sogleich zu Schritt **3808** übergegangen.

**[0115]** In Schritt **3808** wird geprüft, ob das stabilisierende Moment aus dem Seitenkrafteingriff größer ist als ein notwendiges stabilisierendes Moment. Ist dies der Fall, so wird das Moment aus dem Seitenkrafteingriff als notwendiges stabilisierendes Moment abgelegt. Danach wird zu Schritt **3810** übergegangen. Wird die Abfrage in Schritt **3808** mit Nein beantwortet, so wird sogleich zu Schritt **3810** übergegangen.

**[0116]** In Schritt **3810** wird geprüft, ob das stabilisierende Moment  $M_a$  betragsmäßig kleiner ist als das notwendige stabilisierende Moment. Ist dies der Fall, so werden in Schritt **3811** sowohl ein Längskrafteingriff als auch ein Seitenkrafteingriff ausgeschaltet.

**[0117]** Wird die Abfrage in Schritt **3810** mit Ja beantwortet, so wird in Schritt **3812** ermittelt, ob das stabilisierende Moment  $M_b$  betragsmäßig kleiner als ein notwendiges stabilisierendes Moment ist. Ist dies nicht der Fall, so werden ein Längskrafteingriff und ein Normalkrafteingriff ausgeschaltet.

**[0118]** Wird die Abfrage in Schritt **3812** mit Ja beantwortet, so wird in Schritt **3814** ermittelt, ob das stabilisierende Moment  $M_c$  betragsmäßig kleiner als das notwendige stabilisierende Moment ist. Ist dies nicht der Fall, so wird der Längskrafteingriff ausgeschaltet.

**[0119]** Wird die Abfrage in Schritt **3814** mit Ja beantwortet, so wird in Schritt **3816** nachfolgend geprüft, ob das stabilisierende Moment  $M_d$  betragsmäßig kleiner als das notwendige stabilisierende Moment ist. Ist dies nicht der Fall, so werden Normalkrafteingriff und Seitenkrafteingriff ausgeschaltet.

**[0120]** Wird die Frage in Schritt **3816** jedoch mit Ja beantwortet, so wird in Schritt **3818** ermittelt, ob das stabilisierende Moment  $M_e$  betragsmäßig kleiner ist als ein notwendiges stabilisierendes Moment. Ist dies nicht der Fall, so wird der Seitenkrafteingriff ausgeschaltet.

**[0121]** Wird die Frage aus Schritt **3818** jedoch mit Ja beantwortet, so wird in Schritt **3820** ermittelt, ob das stabilisierende Moment  $M_f$  betragsmäßig kleiner als das notwendige stabilisierende Moment ist. Ist dies nicht der Fall, so wird der Normalkrafteingriff ausgeschaltet.

**[0122]** Wird die Frage aus Schritt **3820** mit Ja beantwortet, so endet das Verfahren in Schritt **3822**. Das Verfahren endet ebenfalls nach den jeweiligen Ausschaltvorgängen der Eingriffsvariablen in den Schritten **3811**, **3813**, **3815**, **3817**, **3819** und **3821**.

**[0123]** Die vorhergehende Beschreibung der Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung dient nur zu illustrativen Zwecken und nicht zum Zwecke der Beschränkung der Erfindung. Im Rahmen der Erfindung sind verschiedene Änderungen und Modifikationen möglich, ohne den Umfang der Erfindung sowie ihre Äquivalente zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. System zum Überwachen des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs mit mehreren Einzelsystemen (12, 14, 16) für die Beeinflussung des Fahrverhaltens des Fahrzeugs, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Managementeinrichtung (10) für das Management der Beeinflussung des Fahrverhaltens durch die Einzelsysteme (12, 14, 16) vorgesehen ist.
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Einzelsysteme ESP (12), EAS (14), EAR (16) und/oder ABC vorgesehen sein können.
3. System nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Managementeinrichtung (10) in einem Steuergerät realisiert ist, das über eine Schnittstelle (18, 28, 30) mit Steuergeräten der Einzelsysteme kommuniziert.
4. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Managementeinrichtung (10) in einem separaten Steuergerät realisiert ist.
5. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Managementeinrichtung (10) in einem oder mehreren Steuergerät(en) der Einzelsysteme realisiert ist.
6. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Managementeinrichtung (10) Istwerte und von den Einzelsystemen (12, 14, 16) ermittelte Sollwerte eingegeben werden, dass aus den eingegebenen Werten die potentiellen Wirkungen der Einzelsysteme (12, 14, 16) ermittelt werden und

dass von der Managementeinrichtung (10) Werte ausgegeben werden können, die Wirkungen von Einzelsystemen (12, 14, 16) beeinflussen.

7. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von der Managementeinrichtung (10) Eingriffe von Einzelsystemen (12, 14, 16) unterdrückt werden können.

8. Verfahren zum Überwachen des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs, bei dem das Fahrverhalten des Fahrzeugs mittels mehrerer Einzelsysteme (12, 14, 16) beeinflusst wird, dadurch gekennzeichnet, dass eine Managementeinrichtung (10) für das Management der Beeinflussung des Fahrverhaltens durch die Einzelsysteme (12, 14, 16) vorgesehen ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass als Einzelsysteme ESP (12), EAS (14), EAR (16) und/oder ABC vorgesehen sein können.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Managementeinrichtung (10) in einem Steuergerät realisiert ist, das über eine Schnittstelle (18, 28, 30) mit Steuergeräten der Einzelsysteme kommuniziert.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Managementeinrichtung (10) in einem separaten Steuergerät realisiert ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Managementeinrichtung (10) in einem oder mehreren Steuergerät(en) der Einzelsysteme realisiert ist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet,

dass der Managementeinrichtung (10) Istwerte und von den Einzelsystemen (12, 14, 16) ermittelte Sollwerte eingegeben werden,

dass aus den eingegebenen Werten die potentiellen Wirkungen der Einzelsysteme (12, 14, 16) ermittelt werden und dass von der Managementeinrichtung (10) Werte ausgegeben werden können, die Wirkungen von Einzelsystemen (12, 14, 16) beeinflussen.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass von der Managementeinrichtung (10) Eingriffe von Einzelsystemen (12, 14, 16) unterdrückt werden können.

Hierzu 17 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

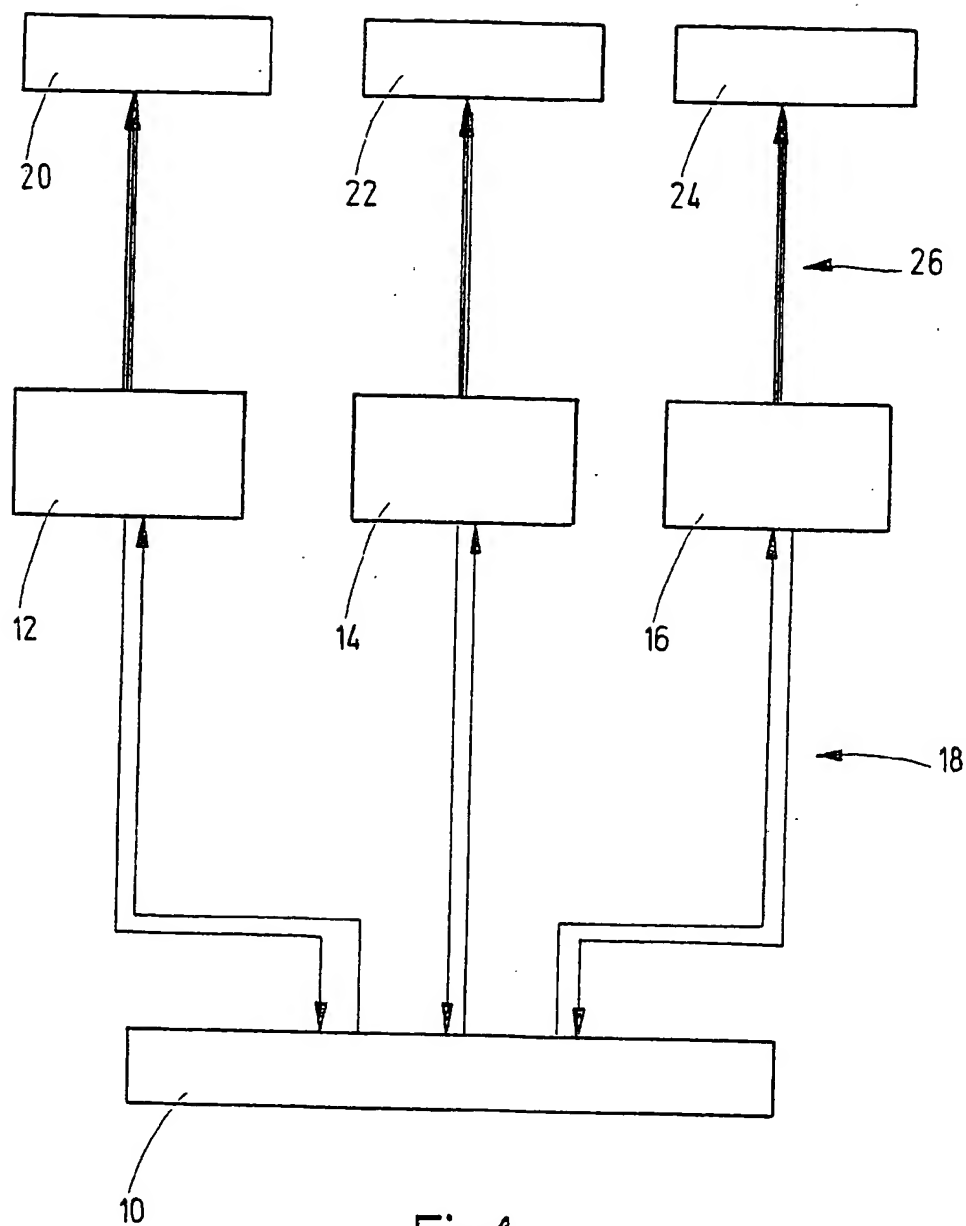


Fig.1

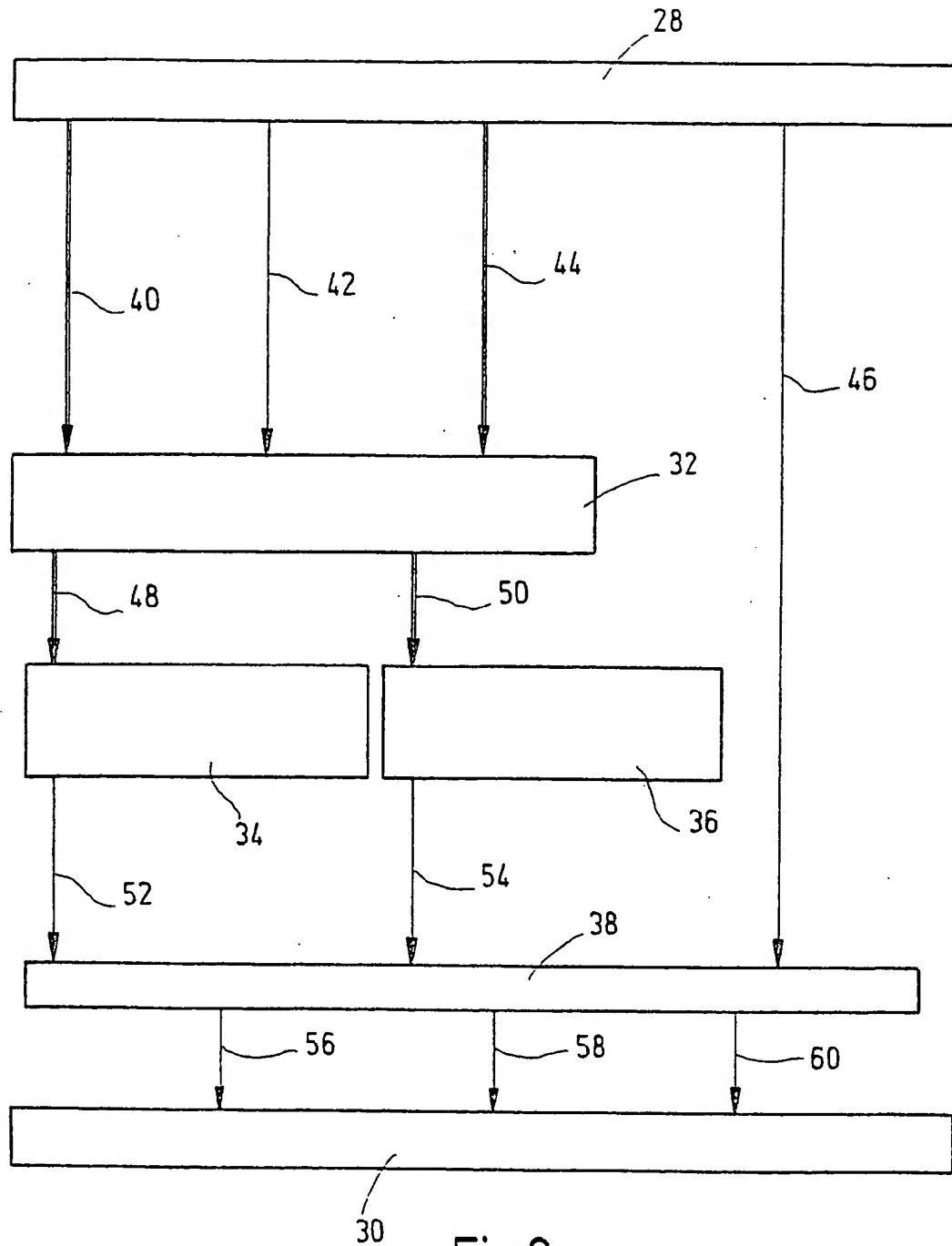


Fig.2



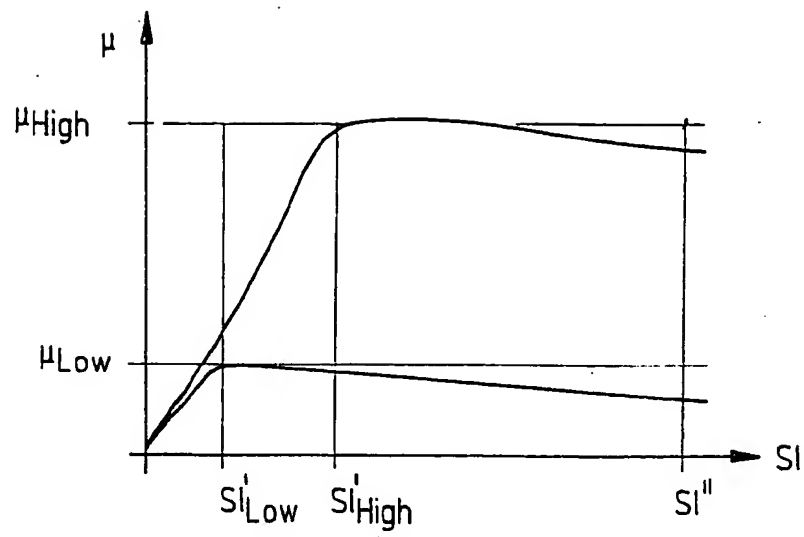


Fig.3

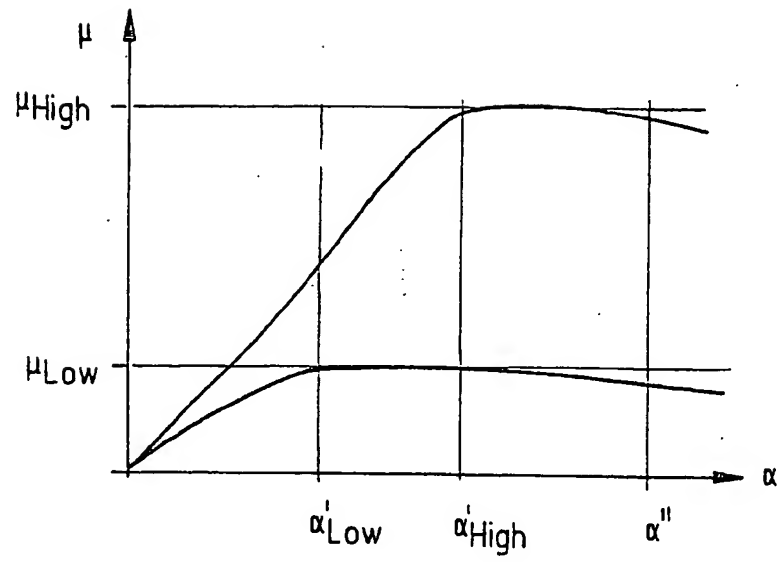


Fig.4

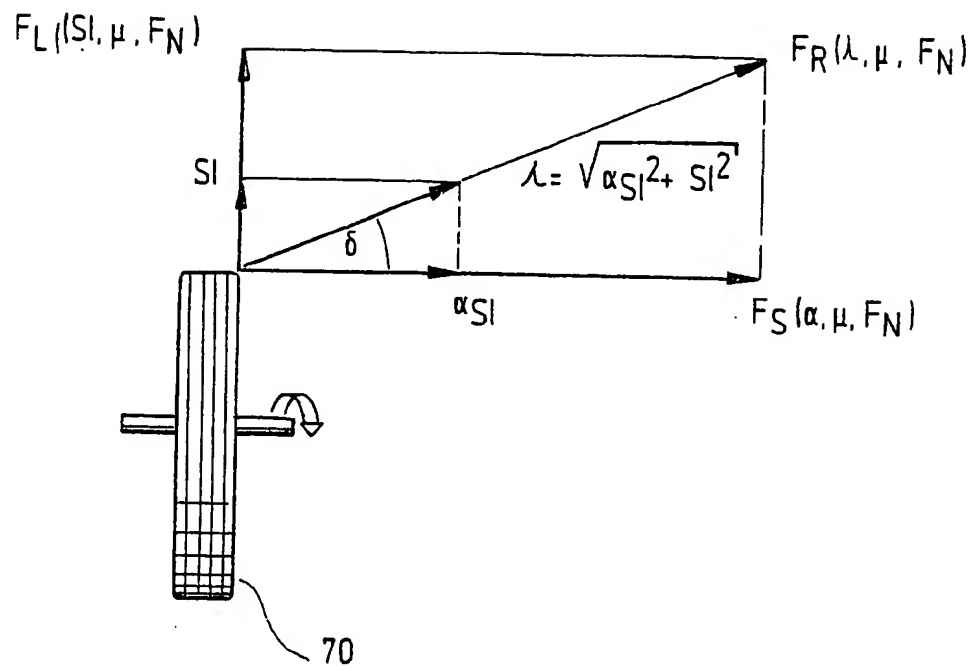


Fig.5

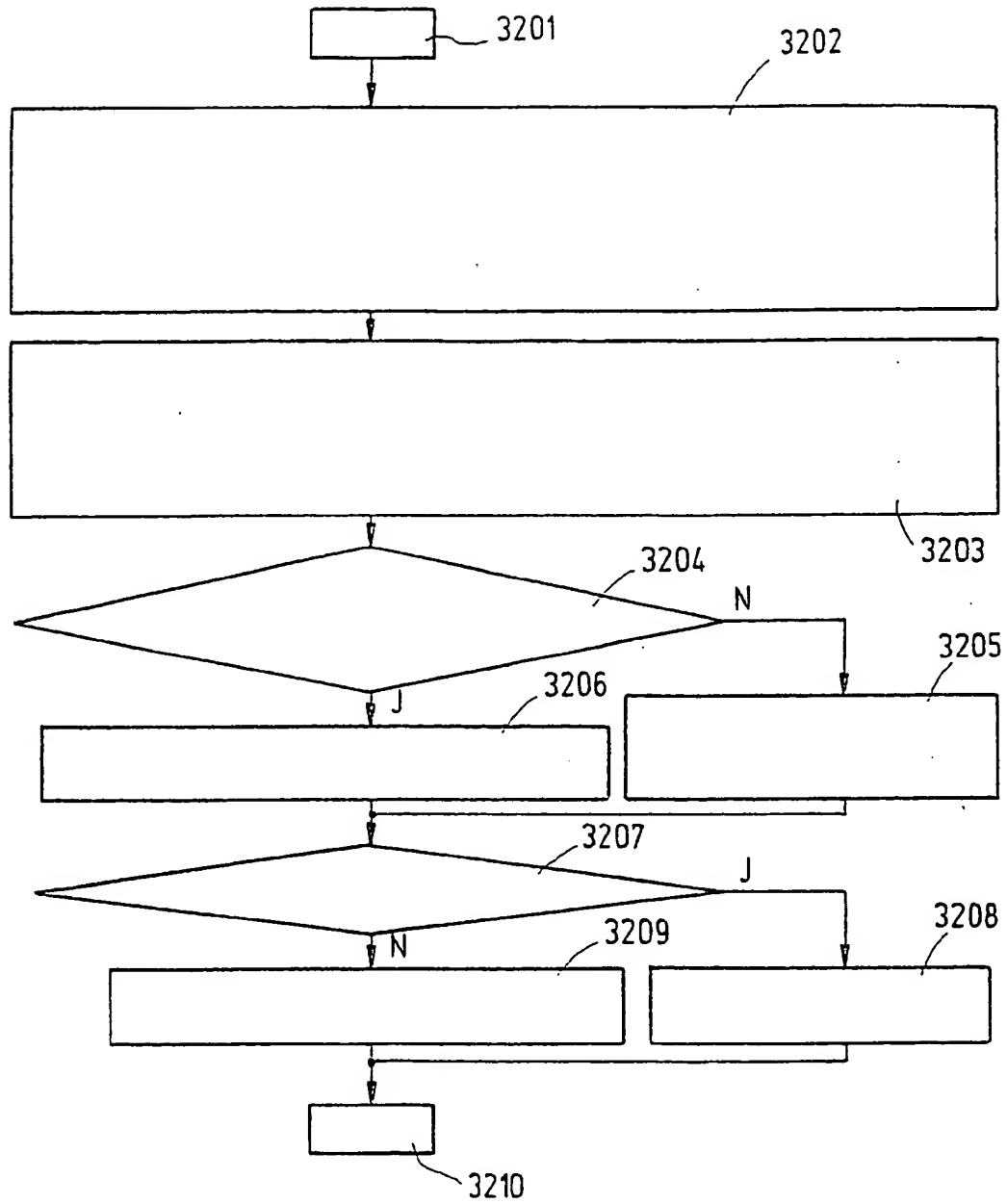


Fig.6

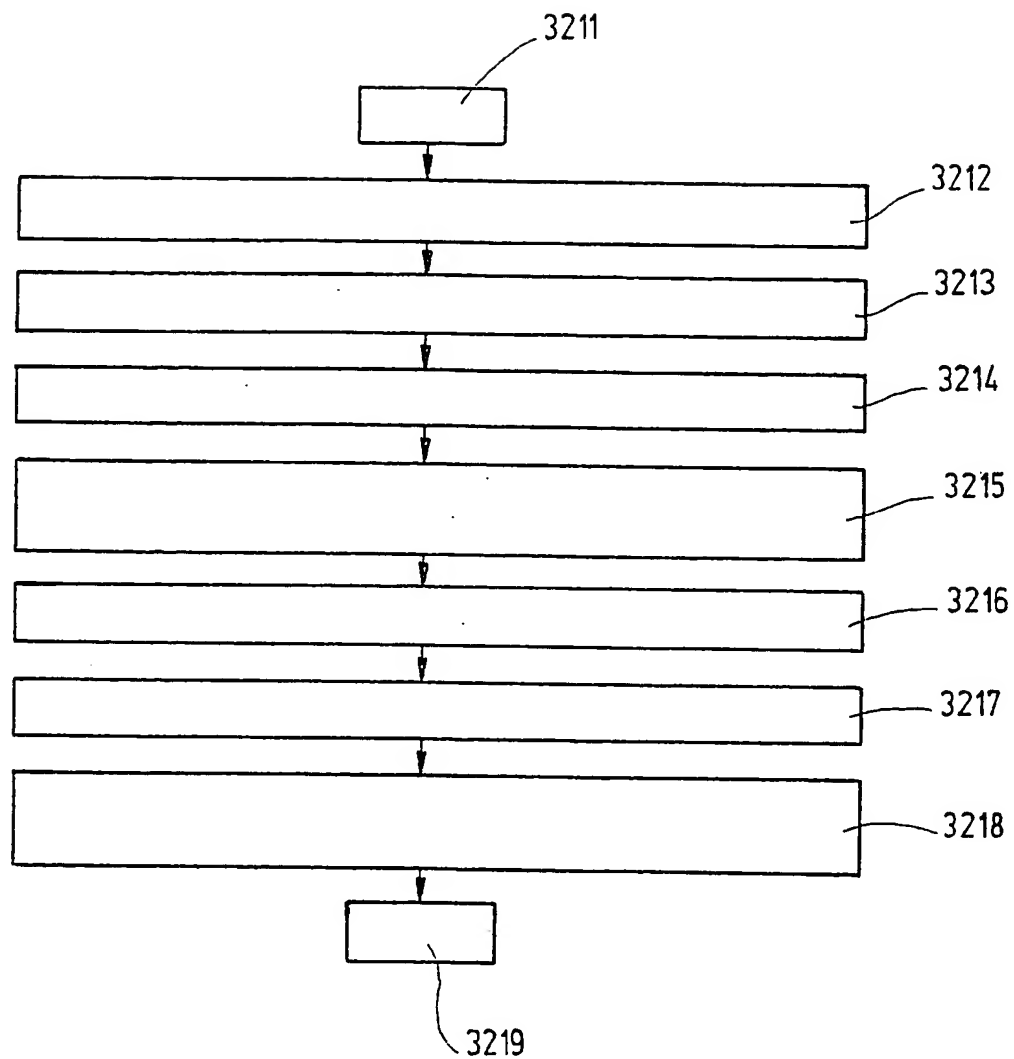


Fig.7

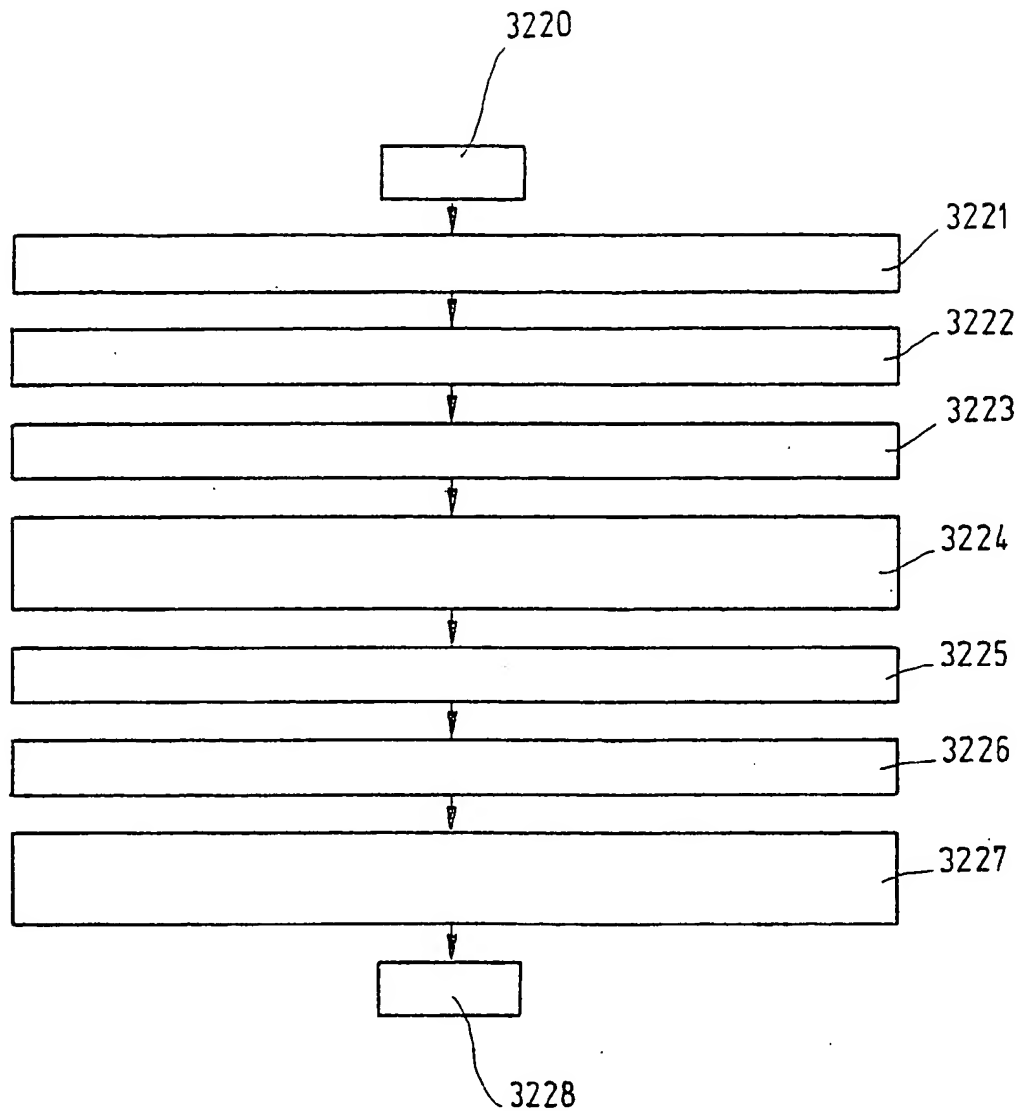


Fig.8

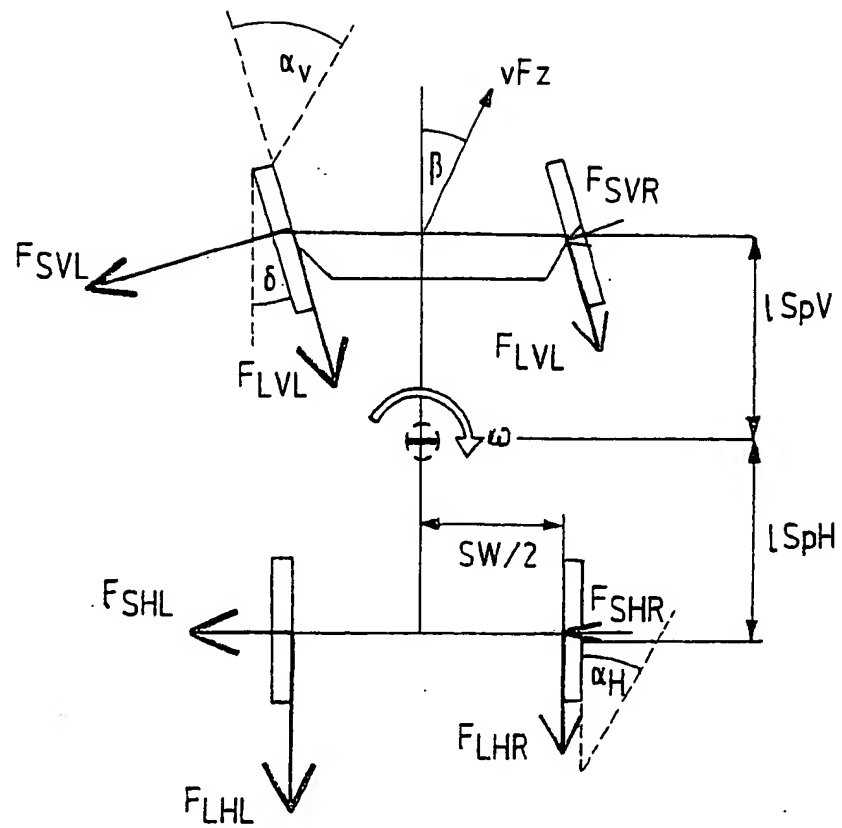


Fig.9



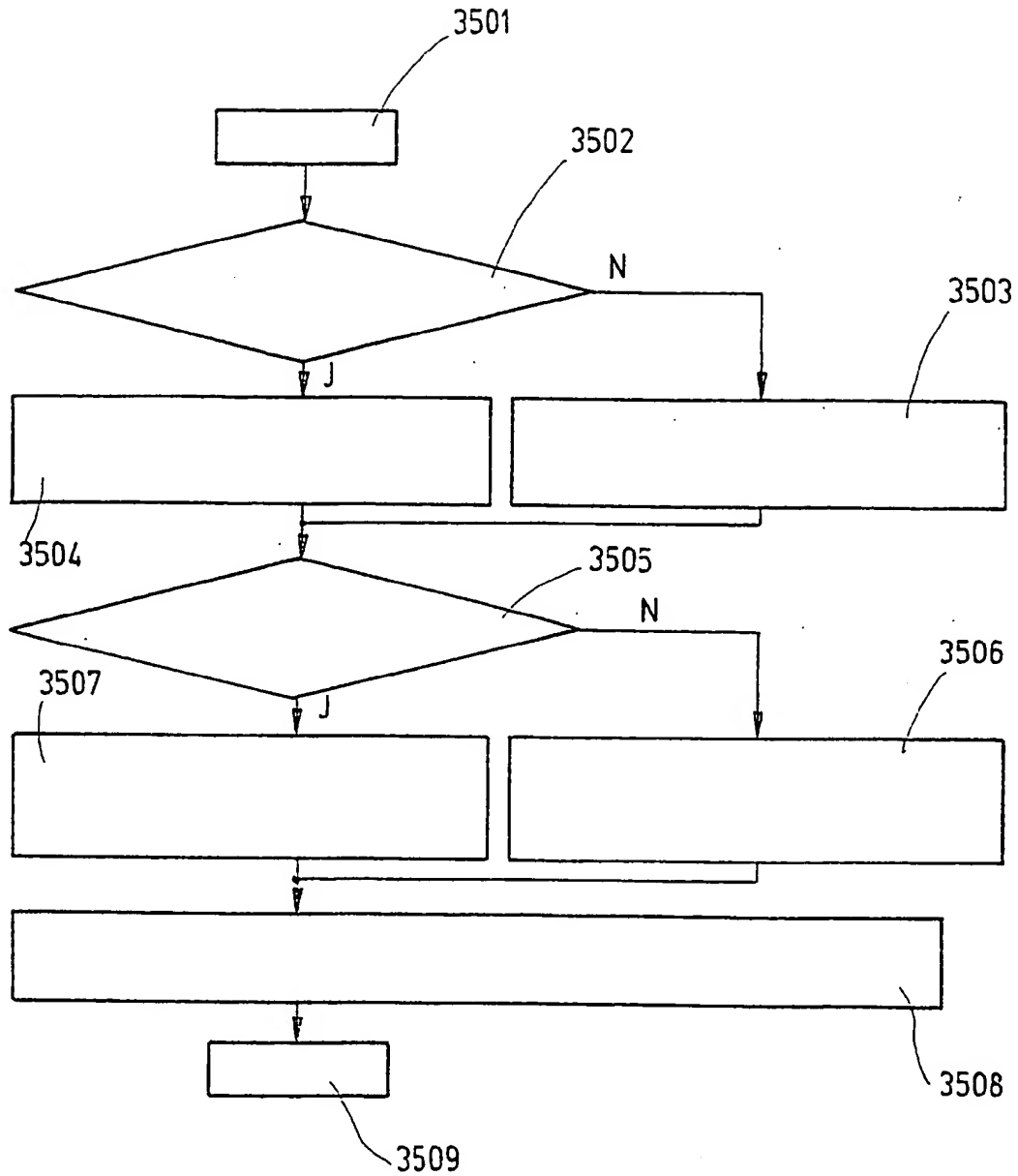


Fig.10

Fig.11

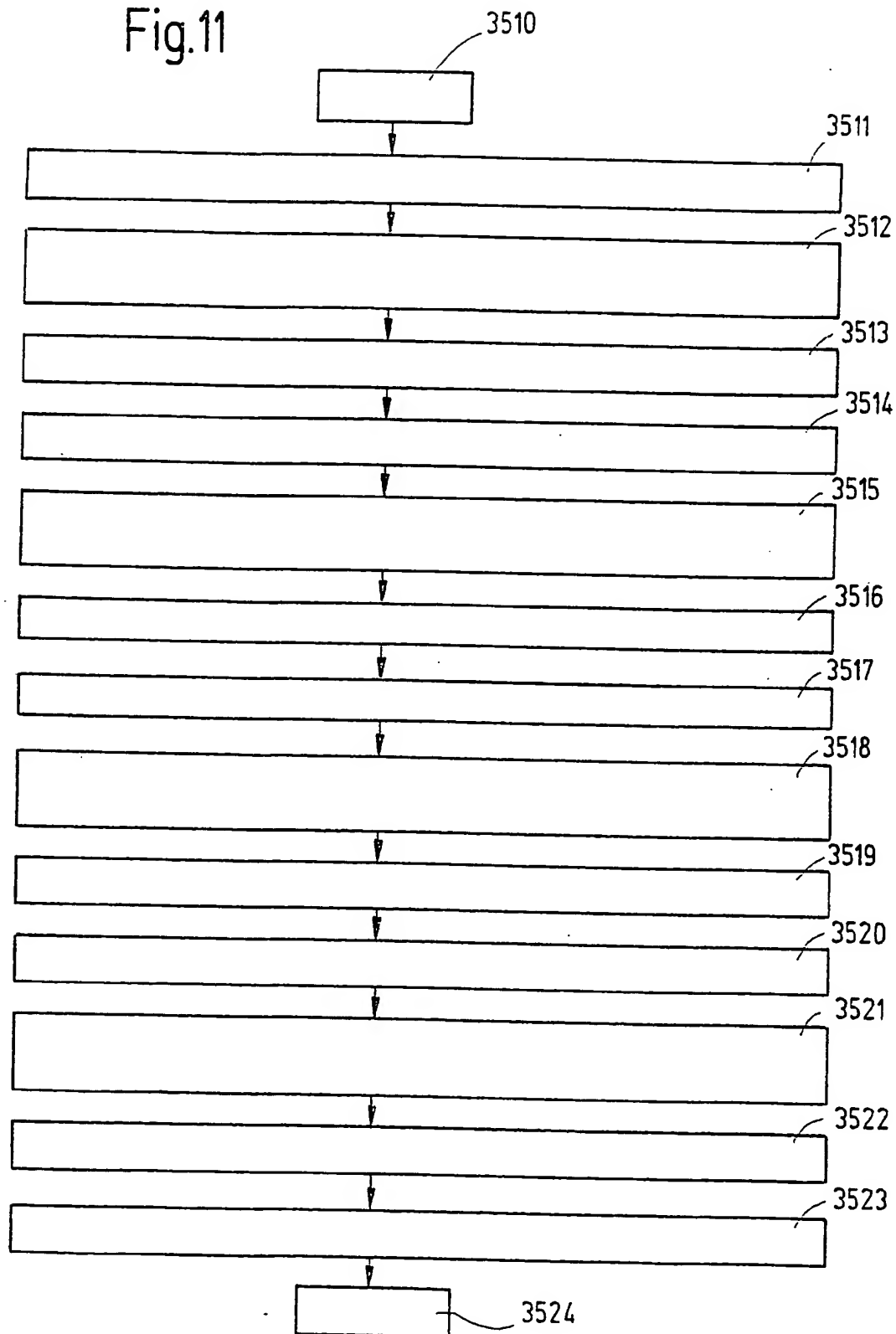


Fig.12

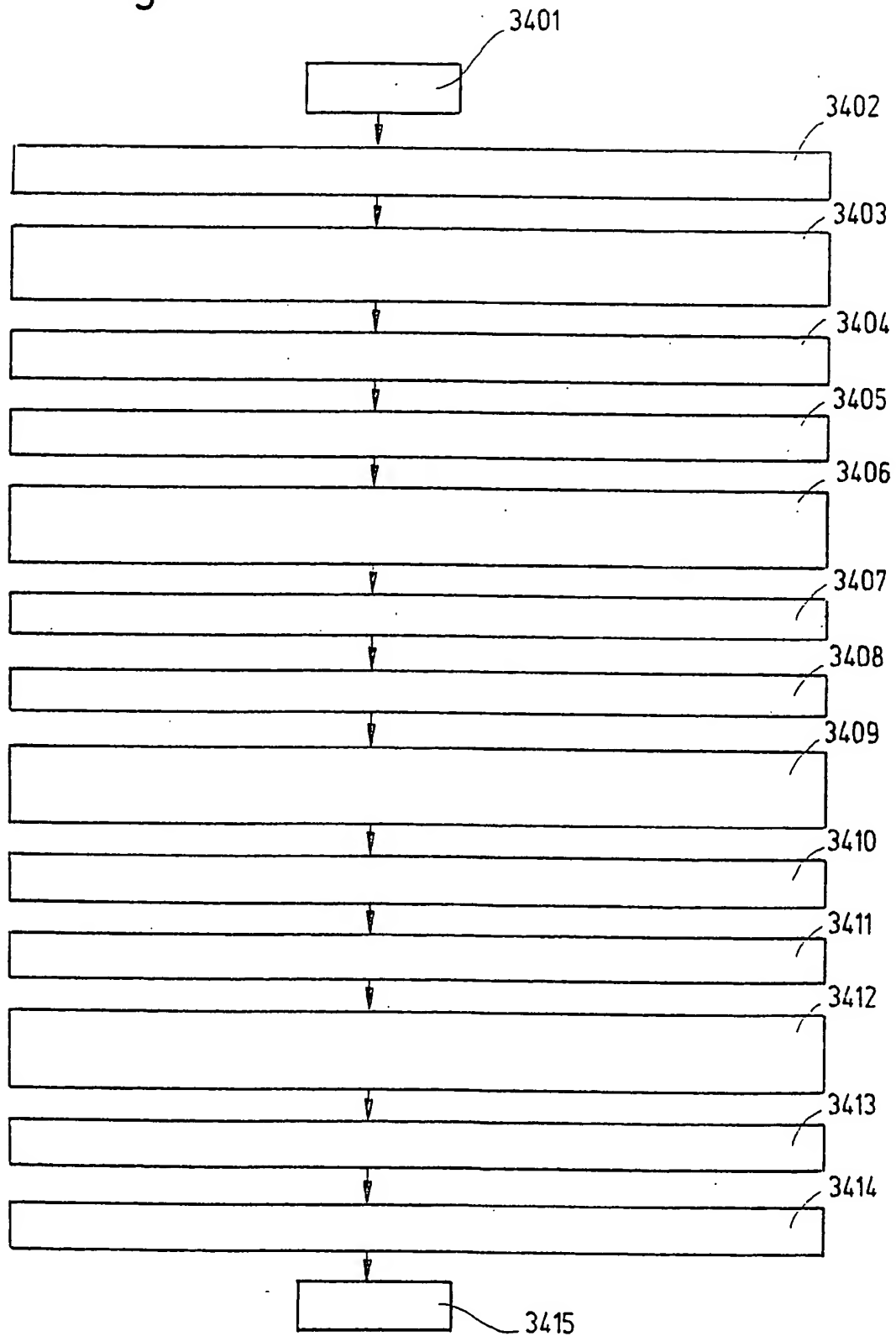
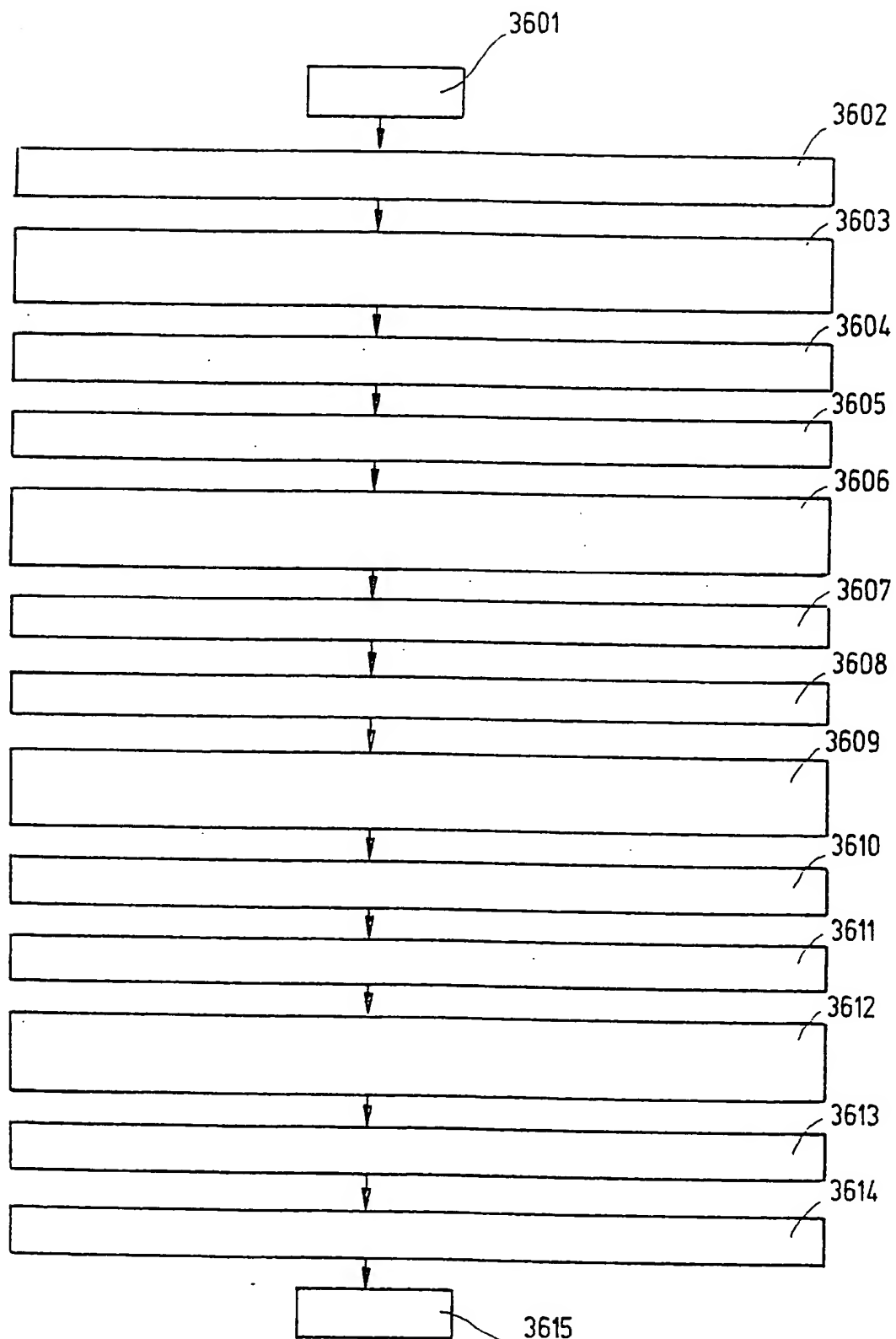


Fig.13



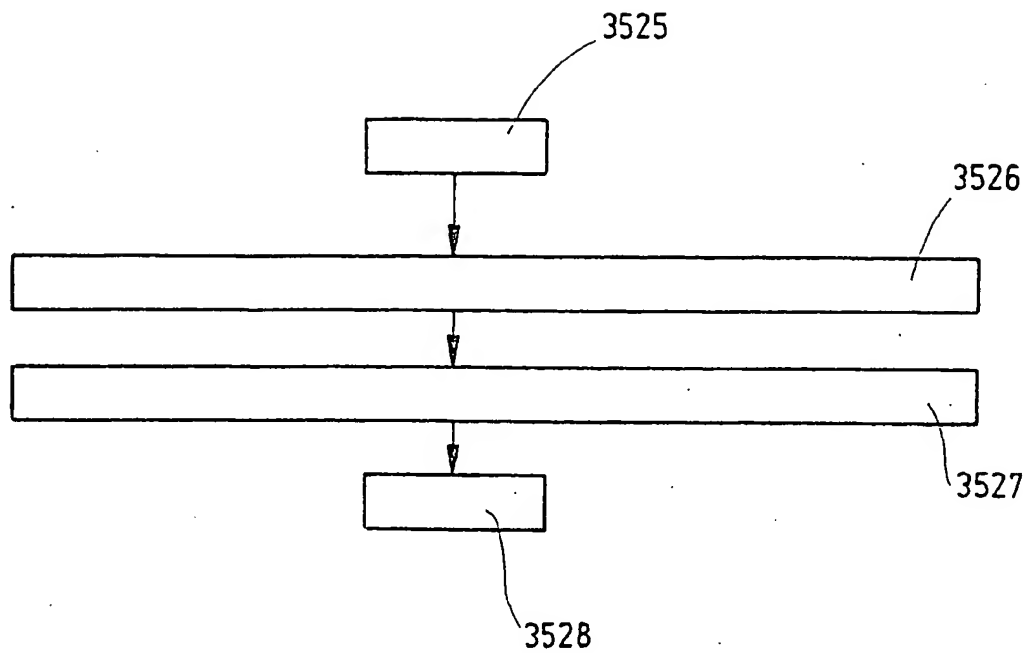


Fig.14

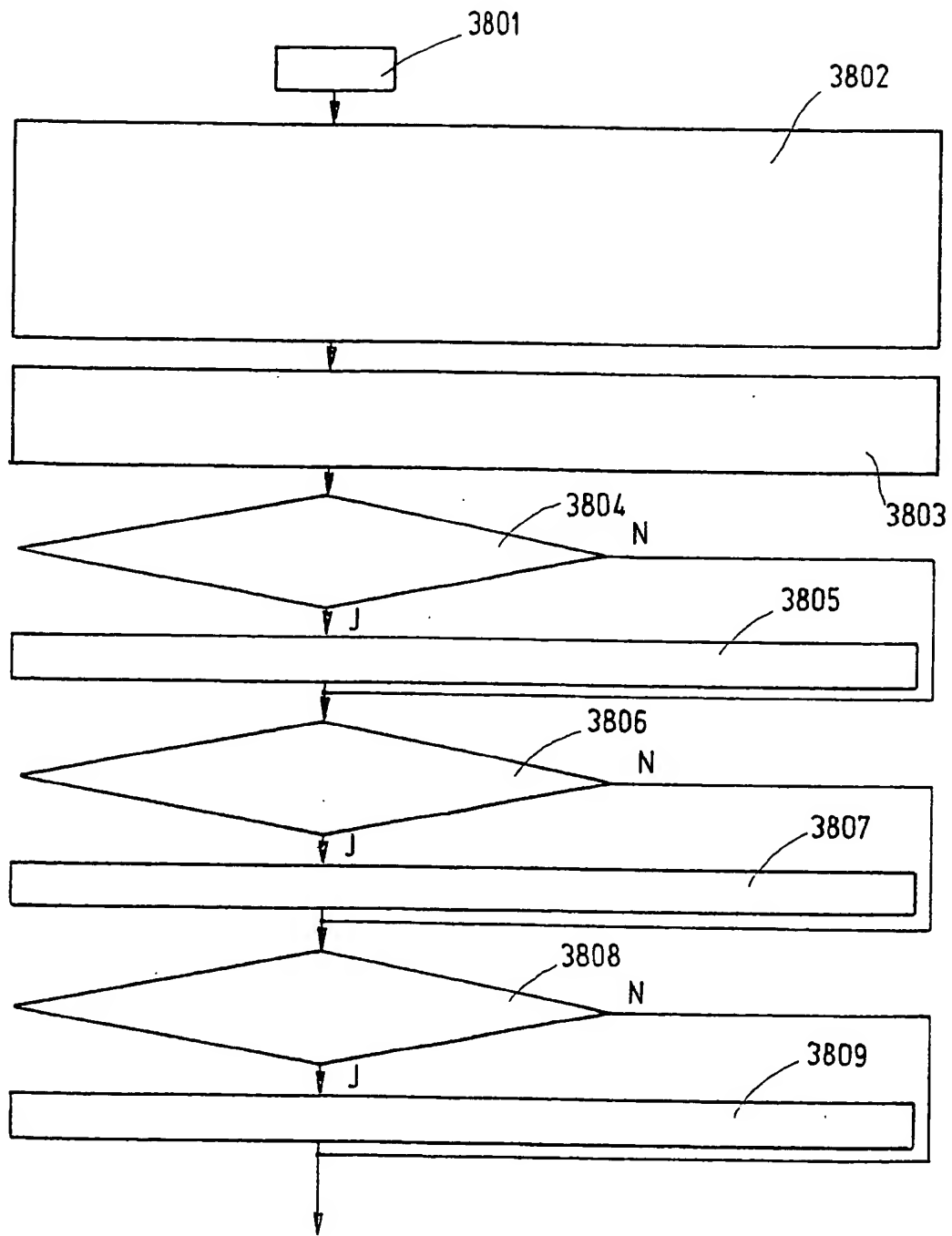


Fig.15a

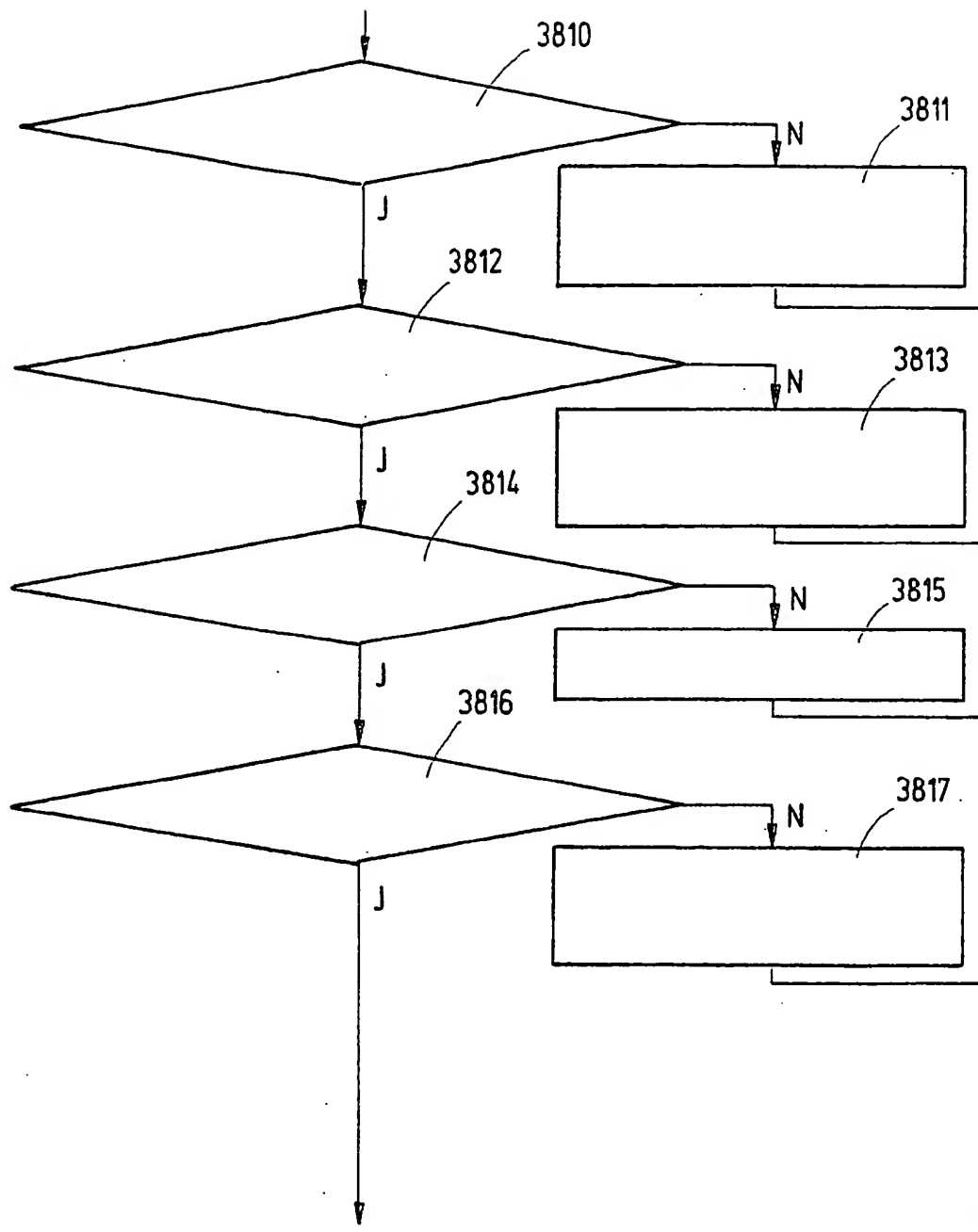


Fig.15b



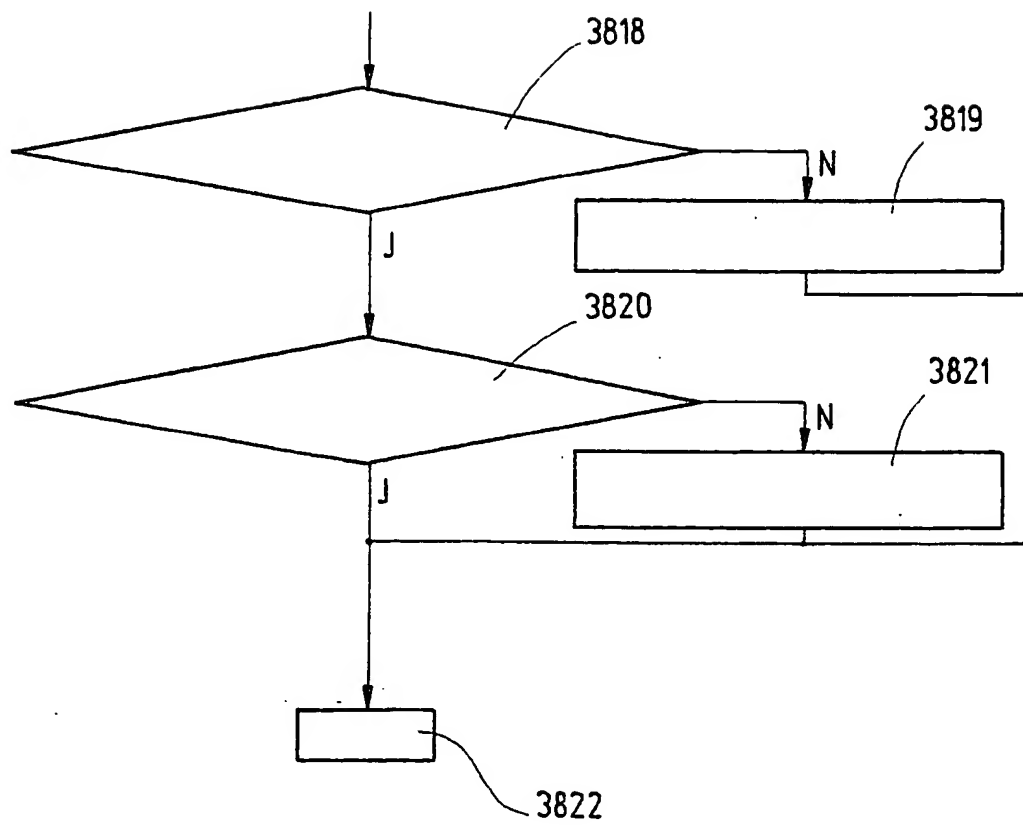


Fig.15c